



SPF ECONOMIE, P.M.E.,  
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

NUMERO DE PUBLICATION : 1014656A5  
NUMERO DE DEPOT : 2002/0119  
Classif. Internat. : F24D  
Date de délivrance le : 03 Février 2004

Le Ministre de l'Economie,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 22 Février 2002 à 10H30 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

**ARRETE :**

ARTICLE 1.- Il est délivré à : ARBON Etienne; ARBON Albert  
avenue des Archers 44, B-7700 MOUSCRON(BELGIQUE); rue du Calvaire 40, B-7522 LAMAIN  
(BELGIQUE)

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE DE CONSTRUCTION INCLUANT UN SYSTEME DE CHAUFFAGE UTILISANT L'ENERGIE ELECTRIQUE POUR LA RECUPERATION DES ENERGIES RENOUEVELABLES.

INVENTEUR(S) : Arbon Etienne, avenue des Archers 44, B-7700 Moucron (BE); Arbon Albert, rue du Calvaire 40, B-7522 Lamain (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

PETIT M.  
Conseiller adjoint

Bruxelles, le 03 Février 2004  
PAR DELEGATION SPECIALE :

PETIT M.  
Conseiller adjoint

2002/0119

**DESCRIPTION**

**Procédé de construction incluant un système de chauffage utilisant l'énergie électrique pour la récupération des énergies renouvelables.**

**Introduction**

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70

Jusqu'à ce jour, nous récupérons les énergies renouvelables, par capteur et pompe à chaleur, le plus souvent individuellement **sans possibilité de stockage** et de ce fait ces procédés sont finalement peu utilisés.

On a bien pensé autrefois stocker l'énergie solaire comme le prouve entre autre un brevet français déposé en 1977, mais ce procédé comme les autres nécessite toujours une trop grande réserve d'eau pour le stockage des calories.

Jamais, il a été démontré qu'il était possible de se passer totalement des énergies fossiles dans les nouvelles habitations.

L'intérêt principal du nouveau procédé réside dans le fait que l'on ne fait plus appel à l'énergie d'origine fossile, on réalise une économie d'énergie importante et un coût en énergie considérablement réduit.

Un réservoir pour le stockage n'est plus nécessaire.

Ce procédé permet de réduire au 1/6 la quantité de CO2 dégagé normalement avec les combustibles fossiles. Il utilise uniquement l'énergie électrique mais en quantité trois fois moindre. Si en Belgique 50% de l'énergie électrique serait d'origine atomique, on produirait six fois moins de CO2.

Parmi les énergies renouvelables, qu'il est nécessaire de stocker, nous disposons de l'énergie solaire, de celle de l'air et de l'énergie éolienne, car elles apparaissent par périodes plus ou moins longues et des durées variables de plusieurs jours consécutifs.

Les autres énergies: celle du sol (géothermie de surface ou géothermie profonde), celle retirée de l'eau (lac, étang, rivière) ne demandent pas à être stockées. Elles peuvent être utilisées directement sans passer par notre procédé. Cependant, elles seront avantageusement utilisées parfois et en complément avec notre procédé, si elles sont disponibles.

Après avoir relevé en graphique, jour après jour, durant les 15 dernières années les températures extérieures ( Fig. 1 à 4 ), la plus froide le matin et la plus chaude l'après-midi, ainsi que les jours présentant plus de 70% de soleil, ( Fig. 5 ) nous constatons l'alternance intéressante principalement l'hiver: soit que le soleil est présent et la température de l'air basse par exemple en période de gel, soit que le soleil est absent et la température de l'air plus élevée; d'où l'intérêt de retirer en priorité ces deux énergies qui se complètent.

Nous constatons également qu'après chauffage de l'habitation durant ces périodes, il est possible de stocker une partie importante et qu'avec ce stock, on peut maintenir une température de confort les jours, ou plus souvent les périodes durant lesquelles ces énergies sont absentes. Le volume d'eau nécessaire pour le stockage est réduit, mais ce problème reste posé.

Avec le nouveau procédé, le volume d'eau est réduit et un réservoir devient inutile car ici, tous les murs intérieurs sont remplacés par des convecteurs dans lesquels on retrouve le volume d'eau nécessaire. ( Fig. 6 )

Sont utilisés des convecteurs préfabriqués à des dimensions standardisées (1) (2) (3).

Ces convecteurs se composent d'une cuve de forme parallélépipédique, le plus souvent, de 10 à 20 cm d'épaisseur enfermée entre deux cloisons isolantes, espacées de quelques cm. (50) pour la circulation de l'air avec des ouvertures dans le bas et le haut pour assurer la convection. Des volets réglables dans les ouvertures du haut doseront la quantité de chaleur à apporter pour maintenir la température de confort.

L'ensemble de ces convecteurs constitue le circuit de chauffage.

Suite à la constatation précédente ce sont la chaleur solaire et celle de l'air qui sont récupérées en priorité. On ne tient pas compte de l'énergie éolienne pourtant très intéressante l'hiver à cause du prix ( En 1980 une éolienne domestique revenait à 7.500 € ), le bruit et la casse des pales qui oblige son installation à une trop grande distance des habitations.

Comme le prix du kWh varie dans de fortes proportions entre le jour et la nuit, par raison d'économie, l'enchaînement est le suivant:

Extraction de la chaleur solaire

Actuellement elle est captée le plus souvent par des panneaux solaires, mais ici dans le procédé, nous préférons la capter à l'intérieur de l'habitation.

Dans la pièce recevant le soleil, la chaleur est captée au niveau du plafond par des échangeurs. Comme échangeur, nous utilisons de préférence les solives et les hourdis qui, servent d'éléments porteurs mais sous une forme tubulaire en acier, dans laquelle circule une saumure froide. Celle-ci apporte les frigorifiques nécessaires pour le maintien de la température de confort. On cherchera donc à installer côté Sud de l'habitation un maximum de vitrages et ne plus s'inquiéter de la surchauffe. Ce qui est très possible aujourd'hui avec les multi-vitrages à basse émissivité. Vu la différence de prix du kWh, la chaleur est emmagasinée dans un accumulateur à une température voisine de 25° et la nuit cette chaleur est transférée par une pompe à chaleur à une température pouvant atteindre 50°.

Les solives et les hourdis sont des tubes de plusieurs m. de longueur, par exemple de section rectangulaire de 20\*5 cm. et en tôle de 1,5 mm. d'épaisseur. Lorsque ce tube est placé verticalement, il est considéré comme solive (4) et placé à plat comme hourdi (5). ( Fig. 7 )

L'accumulateur possède un volume suffisant pour capter la chaleur excédentaire d'une journée de soleil.

A la chaleur captée de préférence par les fenêtres, on peut ajouter celle provenant de panneaux solaires le plus souvent en complément de la surface vitrée. Cette chaleur est stockée également dans l'accumulateur, ou transmise directement dans le circuit de chauffage par des panneaux solaires à concentration. Pour le moment le prix de ces panneaux solaires surtout à concentration est trop élevé.

Extraction de la chaleur de l'air

Elle est extraite par un échangeur de chaleur dont le circuit liquide est utilisé comme évaporateur pour la pompe à chaleur. La température de l'air extérieure doit être supérieure à 5°. La chaleur transférée par la pompe à chaleur peut atteindre 50° si nécessaire. Par raison d'économie, la chaleur est extraite de l'air la nuit.

Captage de l'énergie du sol

Lorsque on ne peut plus retirer assez de chaleur du soleil et de l'air et que la réserve dans le circuit de chauffage est épuisée cette énergie est retirée du sol la nuit.

5 Elle est obtenue par des capteurs enterrés à environ 1 m dans le sol selon les procédés connus dans ce domaine. L'inconvénient est qu'ils exigent une surface de captage égale le plus souvent à trois fois celle de la partie chauffée de l'habitation

Avec le matériel utilisé dans notre procédé, il est possible de regonfler le sol en calories lorsque la température de l'air est supérieure à la température au niveau des capteurs

10 La surface de captage peut être considérablement réduite.

Captage de l'énergie de l'air le jour.

Quand les trois sources précédentes sont épuisées, il est possible de capter l'air le jour selon le principe utilisé la nuit, mais à un prix trois fois plus élevé

15

Energie électrique la nuit

C'est la dernière source à utiliser lorsque toutes les précédentes sont absentes car c'est l'énergie la plus chère.

20 **1) Procédé de construction incluant un système de chauffage entièrement électrique capable de récupérer les énergies gratuites ( soleil et calories extérieures )**

Contrairement au chauffage central classique, ici il n'y a ni radiateur encombrant ni conduite apparente dans l'habitation.

25 *Disons de suite, que par ce procédé, le coût de l'énergie électrique nécessaire calculé comparativement au fuel permet une économie d'environ 620 € (25.000Fb) l'an dans le type d'habitation " pilote " qui sera étudié.*

*On ne fait plus appel à l'énergie d'origine fossile et épargne ainsi par année l'équivalent de 2.500 litres de fuel qui aurait été nécessaire pour produire la même quantité de chaleur.*

Actuellement, les différents modes de chauffage utilisés dans les habitations sont dans l'ordre:

30 1 - principalement le chauffage central, foyers, inserts, etc, utilisant les combustibles fossiles: fuel, gaz, charbon, etc.

2 - moins fréquent le chauffage électrique: accumulateurs et convecteurs.

3 - timidement les énergies: solaire, de l'air, de l'eau et géothermique.

35 Vu les prix croissants des énergies fossiles, mais surtout le CO2 dégagé, on a grand intérêt d'inverser l'ordre précédent en utilisant en premier lieu l'énergie solaire puis l'énergie contenue dans l'air, l'eau, le sol et compléter par l'énergie fournie par des résistances électriques, si finalement nécessaire.

Après avoir enregistré en graphiques durant les 15 dernières années, jour après jour, les conditions atmosphériques: température minimum le matin, température maximum l'après-midi et les jours présentant plus de 70 % de soleil, on constate que l'on dispose de deux sources possibles, que l'on rencontre partout: la chaleur solaire et la chaleur contenue dans l'air, puis une troisième, assez souvent disponible: la chaleur du sol.

40 On verra qu'il devient possible de se libérer des combustibles fossiles en utilisant uniquement l'électricité.

**Somme des périodes ensoleillées de début Octobre à fin Mai ( Fig. 5 )**

45

Périodes	Nbre. de jours	En %
86/87	75	30
87/88	91	37
88/89	116	47
89/90	119	49
90/91	117	48
91/92	107	44
92/93	96	39
93/94	67	27
94/95	87	36
95/96	81	33
96/97	84	34
97/98	85	35
98/99	61	25
99/00	54	22
00/01	64	26

70

**Comparaison des énergies fuel et électricité**

En 1992, Selon le CSTC, pour le chauffage, 840 litres de fuel équivalaient à 5.370 kWh d'électricité, comme ces 5.370 kWh correspondent à  $5.370 * 860 = 4.618.200$  kCalories, 1 litre de fuel produisait:  $4.618.200 / 840 = 5.498$  kCalories. Le pouvoir calorifique supérieur du fuel étant de 10.000 kCal, le rendement était de 55%.

Depuis 1992 des améliorations ont été apportées et il semble que le rendement actuel moyen serait de 70%. Dans tous les calculs qui vont suivre nous supposons donc que 1 litre de fuel fournit en brûlant 7.000 kCal.

**A - Energie solaire .**

Dans les nouvelles habitations, lorsque cela est possible, dans un but de confort et de récupération de l'énergie solaire, la salle de séjour est spacieuse, orientée au Sud et possède de grandes baies vitrées.

Malheureusement, la chaleur solaire est mal utilisée, la température de la salle devient vite insupportable, les calories se concentrent sous le plafond élevant la température jusqu'à atteindre une température en équilibre avec le coefficient de perte de ce plafond. Cette chaleur est perdue; de ce fait, on limite les dimensions de ces baies vitrées et ne profite pas pleinement de cette énergie .

Les nouveaux vitrages à basse émissivité permettent de par leur faible coefficient de transfert (  $1,12$  kCal / m<sup>2</sup> / heure / °C ) de transformer les salles recevant le soleil en véritables capteurs.

Dans le procédé envisagé, la chaleur est captée, enlevée et stockée, de sorte qu'on ne dépasse pas la température de confort .

Il y a quelques années, il était difficilement envisageable de récupérer la chaleur solaire par les fenêtres car la perte de chaleur par celles-ci était trop élevée .

Pour un simple vitrage, le coefficient de transfert est de  $5,8$  W/m<sup>2</sup>k et un double vitrage:  $2,9$  W/m<sup>2</sup>k ; la chaleur récupérée était perdue par les fenêtres. Avec les progrès réalisés , on est arrivé à  $1,3$  W/m<sup>2</sup>k .

Espérons que de nouvelles découvertes permettront d'améliorer encore ce coefficient pour atteindre une valeur proche de l'isolation que l'on atteint pour les murs, sols et plafonds et qui oscille entre  $0,3$  et  $0,4$  W/m<sup>2</sup>k.

**Energie fournie par le soleil.**

Elle varie avec les saisons. Selon la documentation, le maximum atteint lors des forts ensoleillements est de  $900$  kCal / m<sup>2</sup>/h et tombe à  $175$  kCal sous les nuages. En hiver, par beau temps, environ  $450$  kCal.

Ces valeurs sont obtenues pour des rayons tombant perpendiculairement sur la surface de mesure dans notre région. Elles se répartissent, selon le mois et en fonction de la position du soleil durant la période de chauffage: en

Octobre	650 kCal / m <sup>2</sup> /heure	Février	500
Novembre	500	Mars	600
Décembre	400	Avril	690
Janvier	430	Mai	750

Le soleil se déplace horizontalement d'Est en Ouest.

Au solstice d'hiver la durée d'ensoleillement est de  $7$  h  $30$ , et celui d'été est de  $16$  h

Sur une surface vitrée exposée au Sud, à  $6$  h du matin les rayons tombent tangentiellement et c'est pratiquement à partir de  $6$  h  $30$  que les rayons pénètrent jusque  $17$  h  $30$  le soir. Il sera inutile de tenir compte de la présence du soleil avant  $6$  h  $30$  et après  $17$  h  $30$

Pour une vitre de largeur "l", la valeur réelle d'ensoleillement est donc  $r(17) = l(19) * \sin \alpha(18)$  ( Fig. 8 )

Variations de " r " selon l'heure.

A	6 h 30 et	17 h 30	$\alpha = 7,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,13$
	7 h 30 et	16 h 30	$\alpha = 22,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,38$
	8 h 30 et	15 h 30	$\alpha = 37,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,61$
	9 h 30 et	14 h 30	$\alpha = 52,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,79$
	10 h 30 et	13 h 30	$\alpha = 67,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,92$
	11 h 30 et	12 h 30	$\alpha = 82,5^\circ$	$\sin \alpha = 0,99$

Durée d'éclairement, selon le mois et somme des éclairissements récoltés le long de la journée.

	durée de soleil	somme des sin .
Octobre	7h30 à 17h30	$0,38 \text{ à } 0,13 = 7,5$
Novembre	7h30 à 16h30	$0,38 \text{ à } 0,38 = 7,4$
Décembre	8h30 à 16h30	$0,61 \text{ à } 0,38 = 7$
Janvier	8h30 à 17h30	$0,61 \text{ à } 0,13 = 7,1$
Février	7h30 à 17h30	$0,38 \text{ à } 0,13 = 7,5$
Mars	6h30 à 17h30	$0,13 \text{ à } 0,13 = 7,6$
Avril	"	"
Mai	"	"

Chaleur réelle captée par jour de plein soleil

Octobre	$650 * 7,5 = 4.875$ kCal / m <sup>2</sup> / jour.
Novembre	$500 * 7,4 = 3.700$ "
Décembre	$400 * 7 = 2.800$ "
Janvier	$430 * 7,1 = 3.053$ "
Février	$500 * 7,5 = 3.750$ "
Mars	$600 * 7,6 = 4.560$ "
Avril	$690 * 7,6 = 5.244$ "
Mai	$750 * 7,6 = 5.700$ "

**Relevé des ensoleillements et des températures extérieures.**

Comme déjà expliqué, nous avons relevé journalièrement depuis 1986 les jours présentant plus de 70% de soleil :

- 5 - les températures le matin.  
- les températures l'après midi, afin de connaître les calories fournies par le soleil les calories perdues par l'habitation et de là, les calories récupérables .

Ci-après, parmi ces graphiques, ceux relevés pour les années , sur lesquelles porteront les calculs ci-après:

- 10 - Octobre 1991 à Mai 92: qui est une année moyenne au point de vue des températures. ( Fig. 3 & 4 )  
- Octobre 1990 à Mai 91: une année très froide avec gel important de décembre à février (jusque -13°) ( Fig. 1 & 2 )  
- Nous ne tenons pas compte des années avant Octobre 90 pour les calculs, car nous relevions à cette époque uniquement la température le matin.

En comptant 70% de soleil , les calories fournies par m<sup>2</sup> et par jour se réduisent à nouveau:

15	Octobre	4.875 * 0,7 =	3.412 kCal /m <sup>2</sup> / jour.
	Novembre	3.700 " =	2.590 "
	Décembre	2.800 " =	1.960 "
	Janvier	3.053 " =	2.137 "
	Février	3.750 " =	2.625 "
	Mars	4.560 " =	3.192 "
	Avril	5.244 " =	3.670 "
20	Mai	5.700 " =	3.990 "

Dans ces calculs, nous ne tenons pas compte de la chaleur fournie les jours moins ensoleillés ou couverts, que le procédé exploite, difficile à chiffrer, mais cependant non négligeable.

**Chaleur récupérée dans une habitation.**

- 25 Il convient donc de construire avec un maximum de vitrages et ne plus s'inquiéter de la surchauffe; ce qui sera possible en enlevant les calories par une pompe à chaleur, pour les remplacer par des frigories, équilibrant la température, ces calories captées seront stockées.

Pour une maison ne comprenant pas d'étage, les grands vitrages seront situés coté Sud; pour une maison avec étages, les vitrages seront installés aussi bien dans le bas que dans le haut, tout dépendra du voisinage.

- 30 D'autres possibilités peuvent être utilisées pour accroître la superficie vitrée par exemple en combinant les baies vitrées frontales et zénithales en façade et en toiture, fenêtres en saillies, etc... Sur la toiture, sur les murs extérieurs, des panneaux solaires peuvent contribuer considérablement à l'apport fourni par les fenêtres notamment en ville( zones ombragées).

- 35 Pour simplifier les calculs qui vont suivre nous avons imaginé une " habitation pilote " ( Fig. 9 & 10 ) des plus simples:

- de surface au sol de 24 m sur 10 m
- sans étage.
- un grenier dont la toiture n'est pas isolée et où la température est la même qu'à l'extérieur.
- des murs en blocs de béton cellulaire.
- un plafond bien isolé.
- 40 - la façade la plus longue ( 24 m ) (20) est exposée au Sud, et possède un maximum de vitrages afin d'éviter les frais engendrés par des panneaux solaires.

La surface vitrée exposée au Sud est de 32,5 m<sup>2</sup>. La quantité de calories captées sera :

45	en Octobre	3.412 * 32,5 =	110.890 kCal par jour de soleil
	Novembre	2.590 * 32,5 =	84.175 "
	Décembre	1.960 * 32,5 =	63.700 "
	Janvier	2.137 * 32,5 =	69.452 "
	Février	2.625 * 32,5 =	85.312 "
	Mars	3.192 * 32,5 =	103.740 "
	Avril	3.670 * 32,5 =	119.275 "
50	Mai	3.990 * 32,5 =	129.675 "

- 55 Pour les calculs ci-après, nous considérons uniquement la chaleur solaire pénétrant par les baies vitrées, sachant que ces dernières valeurs peuvent être accrues en combinant vitrages et panneaux solaires; d'autant que le procédé de captage de l'énergie solaire par les baies vitrées est un captage à basse température parfaitement compatible avec des capteurs solaires plans beaucoup moins dispendieux que les capteurs à concentration.

**Périodes d'ensoleillement.**

- 60 Le graphique ( Fig. 5 ) tiré des graphiques journaliers depuis 1986 donne pour chaque période de chauffage d'Octobre à fin Mai la somme des périodes ensoleillées dont la moyenne sur les 15 ans est de 35 % (presque 1 jour sur 3) Malheureusement le soleil ne brille pas régulièrement 1 jour sur 3 mais par périodes plus ou moins longues et la chaleur excédentaire doit être stockée.

Nous connaissons la quantité de chaleur fournie par le soleil, calculons la quantité de chaleur perdue par l'habitation ; c'est cette différence qu'il faudra stocker pour les jours sans soleil.

**Chaleur perdue par l'habitation**

Cette chaleur se perd par les murs extérieurs, les vitrages, les portes et fenêtres, le plafond, le sol, le renouvellement de l'air.

## Calculs.

- 5 - Murs en béton cellulaire de 30 cm d'épaisseur recouvert d'un crépi  
Le fabricant donne dans ce cas un coefficient moyen :  
 $K = 0,43 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , c-à-d  $0,43 * 0,86 = 0,37 \text{ kCal/m}^2/\text{h}^\circ\text{C}$ .
- 10 - Vitrages Les nouveaux vitrages à basse émissivité  
 $K = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ , c-à-d  $1,3 * 0,86 = 1,12 \text{ kCal /m}^2/\text{h}^\circ\text{C}$ .
- 15 - Plafond isolé ( plancher + polystyrène + plancher ) posé sur les solives. ( **Fig. 11** )  
plancher en bois de 2 cm d'épaisseur (24)  $K = 3$   
polystyrène de 4 cm (25)  $K = 2,5$   
plancher en bois de 2 cm (24)  $K = 3$   
Résistance thermique :  $0,1 + 0,66 + 0,25 + 1,6 + 0,25 + 0,66 + 0,1 = 3,62$   $K = 1/3,62 = 0,27 \text{ kCal}$
- Sol : Sur sol égalisé avec du sable, recouvert d'un film de polyéthylène, d'une couche de polystyrène de 4 cm, d'une dalle en béton armé de 15 cm, et d'une chape de 10 cm
- 20 interface béton-air  $K = 10$   $R_{th} = 0,1$   
chape de 10 cm  $K = 70/10$   $R_{th} = 0,14$   
interface béton-béton armé  $K = 4$   $R_{th} = 0,25$   
béton armé de 15 cm  $K = 80/15$   $R_{th} = 0,18$   
interface  $K = 4$   $R_{th} = 0,25$   
polystyrène  $K = 3,5/4$   $R_{th} = 1,14$
- 25 Résistance thermique = 2,06 d'où  $K = 0,48$   
En tenant compte dans les calculs de la température extérieure, on prend le plus souvent le 1/3 c-à-d  $0,48/3 = 0,16$
- Porte de garage en bois de 2 cm d'épaisseur (23)
- 30 air interface  $K = 10$   $R_{th} = 0,1$   
bois  $K = 3,2/2$   $R_{th} = 0,62$   
air interface  $K = 10$   $R_{th} = 0,1$   
 $R_{th} \text{ total} = 0,82$  et  $K = 1/0,82 = 1,21$
- 35 - Renouvellement de l'air: la perte est estimée à 0,06 fois le volume en kCal par heure . ( volume entier de l'habitation renouvelé une fois toutes les 5 heures )  $K = V/5 * 1,2 * 0,24 = 0,06 V \text{ kCal/h}^\circ\text{C}$
- Circuit de transfert et de chauffage**
- 40 Les jours ensoleillés, une quantité importante de chaleur pénètre par les vitrages, mais en même temps une fraction se perd dans ces mêmes pièces à l'extérieur et c'est le surplus de calories qui sera capté, stocké à une température beaucoup plus élevée et en même temps remplacé par une quantité équivalente de frigories de sorte que la température reste constante.
- La chaleur est captée par un échangeur situé au plafond et relié à l'évaporateur de la pompe à chaleur. Lorsque la température au voisinage de l'échangeur atteindra 25°, la pompe à chaleur fonctionnera de même que la pompe de circulation refoulant l'eau à l'échangeur à basse température.
- 45 Cette façon de procéder pose un problème, car la pompe à chaleur fonctionne le jour quand le prix de l'énergie électrique est le plus élevé.
- Le jour de 7 h à 22 h le kW coûte 0,155 € (6,28 Fb).  
La nuit de 22 h à 7 h 0,069 € (2,80 Fb). en bi-horaire.  
et 0,056 € (2,28 Fb). en exclusif nuit.
- 50 On utilisera donc un accumulateur de chaleur: un réservoir contenant un volume d'eau suffisant pour capter les calories le jour de soleil et les refouler la nuit par la pompe à chaleur dans le circuit de chauffage ( au tarif exclusif nuit ).  
On aboutit au schéma de principe suivant: Un circuit de transfert (35) et un circuit de chauffage (36) reliés par la pompe à chaleur (30): ( **Fig. 12** )
- 55 - E échangeur situé au plafond. (26)  
- Ac accumulateur de chaleur. (27)  
- PC1 pompe de circulation du circuit de transfert. (28)  
- th a thermomètre contacteur situé au plafond. (29)  
- PAC pompe à chaleur. (30)  
- Ev évaporateur de la pompe à chaleur. (31)
- 60 - Co condenseur de la pompe à chaleur. (32)  
- PC2 pompe de circulation de l'évaporateur. (33)  
- PC3 pompe de circulation du circuit de chauffage. (34)
- Le circuit de transfert contient une saumure, laquelle doit être capable de ne pas geler pour une température de -10° et un anti-rouille.
- 65
- 70

**Bilan de la chaleur solaire.**

- La nuit, la PAC soutire la chaleur de Ac et l'envoie dans le circuit de chauffage.
- Le matin, la saumure contenue dans Ac peut atteindre une température voisine de -3° et lorsque tha indique 25°, PCI fonctionne et injecte la saumure dans E.
- Le soir AC a absorbé les calories que l'on retrouve dans le haut de la cuve à une température voisine de 25°.
- Dans ces conditions la pompe à chaleur absorbera
- 10.000 kCal en consommant 3,2 kWh, et fournira 12.570 kCal pour une température du circuit de chauffage variant de 0 à 25° et
- 10.000 kCal en consommant 4,15 kWh pour fournir 13570 kCal pour une variation de température de 0 à 50°.

Pour les calculs on prendra un rendement moyen :  
 - 10.000 kCal à l'entrée de la pompe consommant 3,85 kW et produisant 13.070 kCal  
 ( le travail de compression se retrouve sous forme de chaleur ) soit un rapport chaleur fournie/ chaleur absorbée = 1,3 ( voir plus en détail à pompe à chaleur ).

- Pour le calcul , il faudra séparer les pertes de chaleur des pièces ensoleillées des autres .
- 1 - Chaleur perdue par les pièces recevant le soleil : 139 kCal
  - 2 - Chaleur perdue par le reste de l'habitation : 103 kCal

La perte totale par le bâtiment sera 139+103 = 242 kCal/h/°C ou 5.805 kCal / jour / °C.

En appelant	t	la durée d'ensoleillement
	t°1	la température extérieure le matin
	t°2	la température extérieure l'après midi
	Δt°	la différence de température entre l'intérieur (20°) et l'extérieur
	ES	l'énergie solaire fournie durant la journée
	1,3	le rapport entre les calories fournies et absorbées
	P	la perte totale de chaleur par le bâtiment
	p1	la perte dans les pièces ensoleillées durant la période d' ensoleillement = 139 * t * Δ t°
	p2	le reste de la perte = P - p1

L'énergie solaire captée le soir sera ES - p1 et celle fournie au circuit de chauffage: 1,3 (ES - p1).

Remarquons que p2 est égal à : (5805 - 139 \* t) Δ t°

On aboutit aux tableaux suivants pour l'année 91-92 donné ci-après en exemple. Les tableaux mensuels qui suivent représentent ces diverses valeurs pour cette année 91-92

1ère colonne:	la date
2e	t°1
3e	t°2
4e	Δ t°
5e	S , les jours de soleil
6e	P , les calories perdues par tout le bâtiment en fonction de la température extérieure
7e	p1 , les calories perdues durant la période de soleil
8e	p2 , la perte restante les jours de soleil
9e	F , les calories fournies par la pompe à chaleur F = 1,3 (ES-p1)
10e	à St., (F - p2) : la quantité de chaleur excédentaire à stocker dans le circuit de chauffage.

Les autres colonnes seront à voir plus loin.

**ANNEE 1991 - 1992**

**OCTOBRE**

date	t°1	t°2	t°	S	P	p1	p2	F	à St.	Stock	Fx	Air	RAF
										450000			
1	10	19	6	*	34830	8340	26490	133315.	106825	556825	133315	-	-
2	8	15	9	*	52245	12510	39735	127894.	88159	644984	127894	-	-
3	7	18	8	*	46440	11120	35320	127901.	94381	739365	129701	-	-
4	8	19	7	*	40635	9730	30905	131508x	100603	750000	41540	-	-
5	9	22	4		23220					"		17861	-
6	13	21	3	*	17415	4170	13245	138736x	125491	"	13245	-	-
7	12	20	4	*	23220	5560	17060	136928x	119269	"	17660	-	-
8	11	19	5	*	29025	6950	22075	135122x	113047	"	22075	-	-
9	9	20	5	*	"	"	"	"	"	"	"	-	-
10	10	22	4	*	23220	5560	17660	136929x	119269	"	17660	-	-
11	13	20	3	*	17415	4170	13245	138736x	125491	"	13245	-	-
12	12	22	3	*	"	"	"	"	"	"	"	-	-
13	9	20	6	*	34830	8340	26490	133315x	106825	"	26490	-	-
14	9	22	5	*	29025	6950	22075	135122x	113047	"	22075	-	-
15	10	24	3	*	17415	4170	13245	138736x	125491	"	13245	-	-

2002/0119

7

	16	7	20	7	*	40635	9730	30905	131508x	100603	"	30905	-	-	
	17	6	16	9	-	52245	-	-	-	-	"	-	40188	-	
5	18	5	12	11	-	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	19	4	14	11	-	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	20	3	12	13	-	75465	-	-	-	-	724481	-	38420	-	
	21	1	10	15	-	87075	-	-	-	-	700573	-	48590	-	
	22	3	10	14	-	81270	-	-	-	-	718834	-	76560	-	
10	23	4	11	13	-	75465	-	-	-	-	750000	-	82023	-	
	24	7	12	9	-	52245	-	-	-	-	"	-	40188	-	
	25	9	13	9	*	52245	12510	39735	127894x	88159	"	39735	-	-	
	26	8	14	9	*	"	"	"	"	"	"	"	-	-	
	27	2	15	12	*	69660	16680	52980	-122473	69493	"	52980	-	-	
15	28	8	14	9	-	52245	-	-	-	-	-	-	40188	-	
	29	10	15	7	-	40635	-	-	-	-	"	-	31257	-	
	30	11	12	9	-	52245	-	-	-	-	"	-	40188	-	
	31	7	13	10	-	58050	-	-	-	-	"	-	44654	-	
20						1404810						776820	598355		
						242*5805=1404810		200 litres de fuel				12,44 €	10,93 €		
						à 0,37 €		74,36 €			total soleil + air		23,37 €		

25

NOVEMBRE

	date	t°1	t°2	t°	S	P	p1	p2	F	à St.	Stock	Fx	Air	RAF	
	1	8	14	9	-	52245	-	-	-	-	750000	-	40188	-	
30	2	7	12	10	-	58050	-	-	-	-	"	-	44653	-	
	3	9	10	11	-	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	4	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	"	-	62515	-	
	5	7	10	11	-	63855	-	-	-	-	706555	-	15700	-	
	6	0	12	14	-	81270	-	-	-	-	750000	-	95934	-	
35	7	6	10	12	-	69660	-	-	-	-	"	-	53584	-	
	8	10	12	9	*	52245	11259	40986	94791x	53805	"	40986	-	-	
	9	4	11	13	-	75465	-	-	-	-	704422	-	22990	-	
	10	0	9	16	-	92880	-	-	-	-	661806	-	38665	-	
	11	3	6	15	-	87075	-	-	-	-	706941	-	101700	-	
40	12	6	8	13	-	75465	-	-	-	-	719778	-	67925	-	
	13	4	9	14	-	81270	-	-	-	-	664319	-	19855	-	
	14	1	10	15	-	87075	-	-	-	-	583561	-	48590	-	
	15	3	12	13	*	75465	16263	59202	88286x	29083	612644	88286	-	-	
	16	1	10	15	-	87075	-	-	-	-	625100	-	76562	-	
45	17	4	8	14	*	81270	17514	63756	86659.	22903	648003	86659	-	-	
	18	6	10	12	-	69660	-	-	-	-	708843	-	130500	-	
	19	7	10	11	-	63855	-	-	-	-	750000	-	80778	-	
	20	5	10	13	-	75465	-	-	-	-	717500	-	33056	-	
	21	2	4	17	-	98685	-	-	-	-	618815	-	-	-	
50	22	-1	3	18	-	104490	-	-	-	-	514325	-	-	-	
	23	0	2	19	*	110295	23769	86526	78528.	-7998	506327	78528	-	-	
	24	-2	7	18	-	104490	-	-	-	-	401837	-	-	-	
	25	0	6	17	-	98685	-	-	-	-	391872	-	14400	-	
	26	4	7	14	*	81270	17514	63756	86659.	22903	344725	86659	-	-	
55	27	0	10	15	-	87075	-	-	-	-	291660	-	26120	-	
	28	1	5	17	*	98685	21267	77418	81780.	4362	296022	81780	-	-	
	29	0	6	17	-	"	-	-	-	-	197337	-	-	-	
	30	2	4	17	-	"	-	-	-	-	98652	-	-	-	
60						2455515						462898	1022828		
						350 litres fuel						7,41 €	18,69 €		
						130,44 €					total =		26,10 €		

65

70

DECEMBRE

5	date	t°1	t°2	t°	S	P	p1	p2	F	à St.	Stock 98652	Fx	Air	RAF
	1	0	3	19	-	110295-	-	-	-	-	0	-	-	11643
	2	1	4	17	-	98685	-	-	-	-	"	-	-	98685
	3	2	5	16	-	92880	-	-	-	-	"	-	-	92880
10	4	3	4	16	*	92880	17792	75083	59680.	-15407	"	59680	-	15407
	5	2	6	16	-	92880	-	-	-	-	"	-	-	92880
	6	-4	8	14	*	81270	155168	65702	62572.	-3130	"	62572	-	3130
	7	-3	6	19	-	110295-	-	-	-	-	"	-	-	110295
	8	0	2	19	-	"	-	-	-	-	"	-	-	"
15	9	2	3	19	*	110295	21128	89167	55344.	-33823	"	55344	-	33823
	10	-4	-1	22	*	127710	24464	103246	51007.	-52239	"	51007	-	52239
	11	-6	1	22	-	"	-	-	-	-	"	-	-	127717
	12	-7	-2	24	-	139320-	-	-	-	-	"	-	-	139320
	13	-4	0	22	*	127710	24464	103246	51007.	-52239	"	51007	-	52239
20	14	-6	1	23	*	133515	25576	107937	49561.	-58377	"	49561	-	58377
	15	2	2	19	*	110295	21128	89167	55344.	-33823	"	55344	-	33823
	16	5	6	14	-	81270	-	-	-	-	"	-	14400	62550
	17	4	8	14	-	"	-	-	-	-	62055	-	110250	-
	18	6	10	14	-	"	-	-	-	-	135225	-	118800	-
25	19	6	11	12	-	69660	-	-	-	-	109635	-	33900	-
	20	1	7	16	-	92880	-	-	-	-	194010	-	136350	-
	21	9	11	10	-	58050	-	-	-	-	355335	-	169650	-
	22	13	14	7	-	40635	-	-	-	-	477600	-	162900	-
	23	11	12	9	-	52245	-	-	-	-	528867	-	79620	-
30	24	4	6	15	*	87075	16680	70395	61126.	-9269	519598	61126	-	-
	25	5	9	13	*	75465	14456	61009	64017.	3009	522607	64017	-	-
	26	7	8	12	-	69660	-	-	-	-	585157	-	101700	-
	27	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	661284	-	121075	-
	28	7	9	12	-	69660	-	-	-	-	750000	-	124107	-
35	29	8	12	11	-	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-
	30	4	8	14	-	81270	-	-	-	-	709485	-	31350	-
	31	3	6	13	-	75465	-	-	-	-	652740	-	14400	-
						2827035						509658	1267615	1095296
40						404 litres fuel						8,15 €	23,18 €	17,55 €
						<b>150,17 €</b>					total =			<b>48.88 €</b>

JANVIER

45	date	t°1	t°2	t°	S	P	p1	p2	F	à St.	Stock 652740	Fx	Air	RAF
	1	4	8	14	-	81270	-	-	-	-	587070	-	12000	-
50	2	2	6	16	-	92880	-	-	-	-	494190	-	-	-
	3	0	4	18	-	1044	-	-	-	-	491587	-	78375	-
	4	6	6	14	-	81270	-	-	-	-	572362	-	124650	-
	5	8	10	11	-	63855	-	-	-	-	678157	-	130500	-
	6	7	8	13	-	75465	-	-	-	-	643447	-	31350	-
55	7	3	6	16	-	92880	-	-	-	-	550567	-	-	-
	8	2	7	15	-	87075	-	-	-	-	590723	-	97870	-
	9	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	525053	-	12000	-
	10	2	6	16	-	92880	-	-	-	-	432173	-	-	-
	11	-1	4	18	-	104490	-	-	-	--	327683	-	-	-
60	12	4	6	15	-	87075	-	-	-	-	240608	-	-	-
	13	3	5	16	-	92880	-	-	-	-	147728	-	-	-
	14	1	7	16	-	"	-	-	-	-	182079	-	97870	-
	15	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	116409	-	12000	-

65

70

2002/0119

	16	2	4	17	-	98685	-	-	-	-	17724	-	-	-
	17	4	7	15	-	87075	-	-	-	-	57840	-	97870	-
5	18	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	0	-	12000	7790
	19	2	5	17	-	98685	-	-	-	-	-	-	-	98685
	20	3	3	17	*	98685	21267	77418	62640.	-14777	-	62640	-	14777
	21	-4	0	22	*	127710	27522	100188	54509.	-45679	-	54509	-	45679
	22	-7	-2	24	*	139320	30024	109216	51256.	-58040	-	51256	-	58040
10	23	-6	0	23	*	133515	28773	104742	52883.	-51859	-	52883	-	51859
	24	-7	2	23	*	"	"	"	"	"	-	"	-	"
	25	-4	3	21	*	121905	26271	95634	56135.	-39499	-	56135	-	39499
	26	1	7	16	-	92880	-	-	-	-	-	-	14400	74160
	27	3	9	14	-	81270	-	-	-	-	-	-	-	81270
15	28	-1	2	20	*	116100	35020	91080	57762.	-33318	-	57762	-	33318
	29	-2	7	23	*	133315	28773	104742	52883.	-51859	-	52883	-	51859
	30	-3	1	22	*	127710	27522	100188	54509.	-45679	-	54509	-	45679
	31	-1	0	21	-	121905	-	-	-	-	-	-	-	121905
20						3105675						495460	720855	776379
						444 litres fuel						7,93 €	13,16 €	12,44 €
						164,97 €					total =			33,53 €

25

FEVRIER

	date	t°1	t°2	t°	S	P	p1	p2	F	à St.	Stock	Fx	Air	RAF
30	1	-4	0	22	-	127710	-	-	-	0	-	-	-	127710
	2	4	3	17	-	98685	-	-	-	-	-	-	-	98685
	3	6	5	14	-	81270	-	-	-	-	48470	-	99800	-
	4	7	7	13	*	75465	18070	57393	87414.	30019	78489	87414	-	-
	5	5	9	13	-	75465	-	-	-	-	91164	-	67800	-
35	6	4	10	14	*	81270	19460	61810	85607.	22797	113961	85607	-	-
	7	2	11	13	*	75465	18070	57395	87414.	30019	143977	87414	-	-
	8	-1	10	15	*	87275	20850	66225	83800.	17575	161552	83800	-	-
	9	4	7	14	*	81270	19460	61810	85607.	23797	183349	85607	-	-
	10	2	9	15	-	87075	-	-	-	-	236035	-	105970	-
40	11	5	7	14	-	81270	-	-	-	-	332029	-	136350	-
	12	9	15	8	*	46440	11120	35320	96449.	61129	393149	96449	-	-
	13	8	10	11	-	63855	-	-	-	-	392461	-	48590	-
	14	3	8	15	*	87075	20850	66225	83800.	17575	410036	83800	-	-
	15	9	10	10	-	58050	-	-	-	-	394951	-	33050	-
45	16	2	11	13	*	75465	18070	57395	87414.	30019	424970	87414	-	-
	17	0	7	17	*	98685	23630	75055	80187.	5131	430101	80187	-	-
	18	-2	6	19	*	110295	-26410	83885	76572.	-7313	422788	76572	-	-
	19	-1	4	19	*	"	"	"	"	"	415475	"	-	-
	20	-3	6	20	-	116100	-	-	-	-	299375	-	-	-
50	21	1	8	15	-	87075	-	-	-	-	212300	-	-	-
	22	-2	6	19	-	110295	-	-	-	-	120725	-	14400	-
	23	4	7	15	-	87075	-	-	-	-	165860	-	101700	-
	24	6	8	13	-	75465	-	-	-	-	166471	-	58520	-
	25	4	12	12	*	69660	16680	52980	89221.	36241	202712	89221	-	-
55	26	5	13	11	*	63855	15290	48565	91028.	42463	245175	91028	-	-
	27	3	14	12	*	69660	16680	52980	89221.	36241	281416	89221	-	-
	28	4	13	11	*	63855	15290	48565	91028.	42463	323879	91068	-	-
	29	3	16	12	*	69660	16680	52980	89221.	36241	360120	89221	-	-
60						2414880						1380555	666180	226395
						345 litres fuel						22,14 €	12,17 €	3,62 €
						128,28 €					total =			37,93 €

65

70

2002/0119

MARS

5	date	t°1	t°2	t° S	P	p1	p2	F	à St.	Stock	Fx	Air	RAF	
										360120				
	1	4	17	10 -	58050	-	-	-	-	428222	-	97040	-	
	2	3	16	11 -	63855	-	-	-	-	510448	-	112370	-	
	3	4	14	11 *	63855	16819	47036	112997.	65961	576409	112997	-	-	
10	4	8	16	8 -	46440	-	-	-	-	714829	-	142200	-	
	5	6	13	12 -	69660	-	-	-	-	750000	-	62777	-	
	6	5	15	10 *	58050	15290	42760	114985.	72225	"	42760	-	-	
	7	6	14	10 *	58050	"	"	"	"	"	"	-	-	
	8	8	16	8 -	46440	-	-	-	-	"	-	35723	-	
15	9	5	14	11 -	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	10	4	10	13 -	75465	-	-	-	-	717500	-	33050	-	
	11	2	11	14 -	81270	-	-	-	-	680300	-	33900	-	
	12	1	9	15 -	87075	-	-	-	-	730986	-	105970	-	
	13	5	11	12 -	69660	-	-	-	-	763701	-	78750	-	
20	14	4	9	14 -	81270	-	-	-	-	695976	-	20900	-	
	15	2	13	13 *	75465	19877	55588	109022x	53434	749410	109022	-	-	
	16	5	16	10 *	58050	15290	42760	114985x	72225	750000	43350	-	-	
	17	7	15	9 *	52245	13761	38484	116973x	78489	"	38484	-	-	
	18	9	14	11 *	63855	16819	47036	112997x	65961	"	47036	-	-	
25	19	8	15	11 *	"	"	"	"	"	"	"	-	-	
	20	7	12	11 -	"	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	21	9	11	10 -	58050	-	-	-	-	"	-	44654	-	
	22	8	10	11 -	63855	-	-	-	-	"	-	49119	-	
	23	6	9	13 -	75465	-	-	-	-	724793	-	38660	-	
30	24	3	7	15 -	87075	-	-	-	-	750000	-	86370	-	
	25	5	7	14 -	81270	-	-	-	-	668730	-	"	-	
	26	1	8	16 -	92880	-	-	-	-	651926	-	58520	-	
	27	4	6	15 -	87075	-	-	-	-	564851	-	-	-	
	28	3	8	15 -	"	-	-	-	-	518461	-	31350	-	
35	29	3	9	14 -	91270	-	-	-	-	446239	-	6960	-	
	30	0	6	17 -	98685	-	-	-	-	347554	-	-	-	
	31	3	10	14 *	81270	21406	59864	107034.	47170	394724	107034	-	-	
					-----									
					2194290						590479	1136551		
40					313 litres fuel						9,47 €	20,75 €		
					<b>116,55 €</b>					total =		<b>30,22 €</b>		

AVRIL

45	date	t°1	t°2	t° S	P	p1	p2	F	à St.	Stock	Fx	Air	RAF
										394724			
50	1	3	8	15 *	87075	22935	64140	125242.	61102	455826	125242	-	-
	2	6	9	13 -	75465	-	-	-	-	430619	-	38660	-
	3	3	12	13 *	75465	16877	55588	129217.	73629	504248	-	-	-
	4	2	13	14 *	81270	21406	59864	127230.	67366	571614	-	-	-
	5	3	12	13 *	75465	19877	55588	129217	73629	645243	-	-	-
	6	2	10	14 *	81270	21406	59864	127230.	67366	712609	-	-	-
55	7	7	12	11 -	63855	-	-	-	-	750000	-	77881	-
	8	8	16	8 *	46440	12232	34208	139156x	104948	"	34208	-	-
	9	4	18	9 *	52245	13761	38484	137168x	98684	"	38484	-	-
	10	5	21	7 *	40638	10703	29933	141440x	111212	"	29932	-	-
	11	7	24	4 *	23220	6116	17104	147106x	130002	"	17104	-	-
60	12	4	18	9 *	52245	13761	38484	137168x	98684	"	38484	-	-
	13	3	10	14 -	81270	-	-	-	-	"	-	62515	-
	14	7	9	12 -	69660	-	-	-	-	"	-	53584	-
	15	6	7	8 -	46440	-	-	-	-	722280	-	14400	-

65

70

2002/0119

	16	3	6	16	-	92880	-	-	-	-	629400	-	-	-	
	17	2	12	13	-	75465	-	-	-	-	733935	-	136000	-	
5	18	8	16	8	-	46440	-	-	-	-	750000	-	48080	-	
	19	10	14	8	-	"	-	-	-	-	"	-	35720	-	
	20	4	20	8	*	46440	12232	34208	139156x	104498	"	34208	-	-	
	21	7	18	7	*	40635	10703	29932	141144x	111212	"	29932	-	-	
	22	5	16	10	-	58050	-	-	-	-	"	-	44653	-	
10	23	9	15	8	-	46440	-	-	-	-	"	-	35723	-	
	24	6	18	8	*	46440	12232	34208	139156x	104498	"	34208	-	-	
	25	8	20	6	-	34890	-	-	-	-	"	-	26792	-	
	26	9	21	5	*	29025	7645	21380	145120x	123739	"	21380	-	-	
	27	8	14	9	-	52245	-	-	-	-	"	-	40188	-	
15	28	7	10	12	-	69660	-	-	-	-	"	-	53584	-	
	29	5	8	14	-	81270	-	-	-	-	"	-	62515	-	
	30	4	12	12	-	69660	-	-	-	-	"	-	53584	-	
						1787940						403182	783879		
20						255 litres fuel						6,44 €	14,32 €		
						94,96 €					total =		20,76 €		

25 MAI

	date	t°1	t°2	t° S	P	p1	p2	F	à St.	Stock 750000	Fx	Air	RAF		
	1	6	8	13	-	75465	-	-	-	"	-	58050	-		
30	2	5	10	13	-	"	-	-	-	"	-	"	-		
	3	7	20	7	-	40635	-	-	-	"	-	31257	-		
	4	4	16	10	*	58050	15290	42760	148700x	105940	"	42760	-		
	5	8	18	7	-	40635	-	-	-	"	-	31257	-		
	6	10	22	4	*	23220	6116	17104	160627x	143523	"	17104	-		
35	7	9	15	6	*	34830	9174	25656	156651x	130995	"	25656	-		
	8	8	12	10	-	58050	-	-	-	"	-	44654	-		
	9	6	9	13	-	-	-	-	-	"	-	58050	-		
	10	5	11	12	-	69660	-	-	-	"	-	53585	-		
	11	7	9	12	-	"	-	-	-	"	-	"	-		
40	12	8	16	8	*	46440	12232	34208	152676x	118468	"	34208	-		
	13	10	24	3	*	17465	4587	12828	162614x	149786	"	12828	-		
	14	9	>30	0	-	-	-	-	-	"	-	-	-		
	15	6	16	9	*	52245	13761	38484	150688x	112204	"	38484	-		
45	arrêt du chauffage														
	16	10	24	3	*	17465	-	-	-	-	732535	-	-	-	
	17	9	26	3	*	"	-	-	-	-	715070	-	-	-	
	18	10	>30	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
50	19	15	28	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	20	14	26	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	21	15	27	2	*	11610	-	-	-	-	598970	-	-	-	
	22	14	28	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	23	16	26	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
55	24	14	24	1	*	5805	-	-	-	-	593165	-	-	-	
	25	16	>30	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	26	18	22	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	27	16	>30	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	28	17	27	0	*	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
60	29	15	>30	0	-	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	30	16	>30	0	-	-	-	-	-	-	"	-	-	-	
	31	14	"	0	-	-	-	-	-	-	593165	-	-	-	
						789484						171040	388488		
65						113 litres fuel						2,73 €	7,09 €		
						41,94 €					total =		9,82 €		

### Récupération de la chaleur solaire et son stockage.

5 Dans les pièces de l'habitation fortement vitrées, la chaleur se concentre sous le plafond, et comme on l'a vu est absorbée par un échangeur situé à ce niveau. Divers types d'échangeurs peuvent être utilisés: des échangeurs plats fixés sous le plafond, ou mieux des solives ou des hourdis creux en métal dans lesquels circulera l'eau véhiculant les calories.

Si on utilise des solives ou des hourdis, ceux-ci serviront comme éléments porteurs; ce seront des solives pour un plafond avec solives apparentes ou des hourdis pour un plafond plat. Tout en captant la chaleur, ils produiront en même temps le froid nécessaire pour revenir à la température de confort que nous supposons partout constante et égale à 10 20°. En réalité, cette température sera modulable pour le confort mais pour la facilité des calculs nous supposons que la température reste constante dans toute l'habitation et toute l'année.

Pour l'échange thermique, le métal importe peu du fait qu'on est limité par le coefficient de transfert à l'interface métal-air ambiant qui est ici de 7 kCal.

15 Si nous utilisons des solives en acier (tubes de section rectangulaire) de par exemple 10 cm de large et 20 cm de haut à raison de deux solives par m et pour une épaisseur de tôle de 1,5 mm: une solive d'une longueur de 4 m pèsera 28 kg.

Pour une charge uniformément répartie de 500 kg sur une longueur de 4 m, ces dimensions conviennent, avec un léger renfort, comme base de calcul et nous les utiliserons pour les calculs qui vont suivre.

20 A raison de deux solives par m, il faudra pour les pièces ensoleillées, d'une longueur totale de 30 m, environ 60 solives.

La surface d'échange utile par solive est de  $0,5 * 4 = 2 \text{ m}^2$  et au total de  $120 \text{ m}^2$ .

Les tableaux précédents montrent que dans l'ensemble, si on excepte les excès de chaleur, il faut pouvoir stocker 90.000 kCal en 11 heures de soleil: ( ES - p1 ).

25 Avec un coefficient d'échange de 7, l'écart de température entre l'eau entrant et l'eau sortant devra être supérieur à  $90.000 / 120 * 7 * 11 = 9,7^\circ$ . Or, on a vu que l'écart de température dans l'accumulateur peut varier entre  $-3$  et  $25^\circ$ , soit une température moyenne de  $14^\circ$ . La surface des solives sera donc suffisante. Le volume de l'accumulateur sera alors de  $90.000 / 28 = 3.214$  litres

On prendra un volume de  $5 \text{ m}^3$ .

30 -" un intérêt, qui sort du cadre de cette étude est la possibilité d'obtenir à bon compte un dispositif de lutte contre l'incendie en plaçant des pastilles fusibles ou des ampoules remplies d'un liquide bouillant à basse température sous les solives ou les hourdis selon les procédés connus et utilisés."

35 Dans ce cas, une commande par pressostat permettra d'augmenter le débit et la pression pour obtenir l'efficacité recherchée. Si nécessaire, on pourra ajouter le volume du circuit de chauffage pour atteindre un volume total de  $35 \text{ m}^3$ .

### Circuit de chauffage.

Le circuit de chauffage de l'habitation devra être capable de stocker toutes les calories excédentaires fournies par la pompe à chaleur .

40 Pour stocker ces calories, au lieu d'utiliser une grande citerne et alimenter des radiateurs, il est beaucoup plus avantageux de stocker la chaleur dans des convecteurs volumineux qui rediffuseront par après cette chaleur.

Ces convecteurs pouvant remplacer en totalité les murs intérieurs. Ils seront tout simplement constitués d'une cuve parallélépipédique de 15 à 40 cm d'épaisseur enfermée entre deux cloisons espacées de la cuve de quelques cm, ceci en fonction de l'architecture des bâtiments. Des ouvertures dans le bas et le haut des cloisons libèreront la chaleur par convection .

45 Ainsi le volume possible pour l'habitation pilote avec des convecteurs préfabriqués (cuves de 20 cm d'épaisseur) et 3 longueurs (1) (2) (3) différentes permet d'atteindre un volume de  $26,2 \text{ m}^3$ . ( Fig. 6 ) .

50 Si on place également des solives dans les pièces non ensoleillées (éléments porteurs ou anti-incendie) on les utilisera pour le chauffage également et augmentera le volume de  $20 * 2 * 80 = 3.200$  litres: au total un circuit de  $26,2 + 3,2$  auquel on ajoutera encore le volume des conduites pour arriver au volume de  $30 \text{ m}^3$ .

Par ces solives, on dispose d'un chauffage rayonnant par le plafond, rendant plus homogène la température et supprimant les effets de froids des baies vitrées, d'où un confort accru. On utilisera ici en premier lieu la chaleur rayonnante des solives et complètera, par régulation, la chaleur émise par les convecteurs.

55 De la sorte, les solives rayonnantes débitent une quantité de chaleur fixe en relation avec la température du circuit, et les convecteurs complètent pour atteindre la température de confort recherchée.

Ce principe est applicable aux pièces possédant de grandes baies vitrées, en l'absence de soleil, par un jeu d'électrovannes, les solives produiront le même effet - ou une autre combinaison (à voir plus loin).

60 La température maximum à la sortie d'une PAC se limite à  $50^\circ$  et comme la température minimum de chauffage sera par la suite calculée suffisante à  $25^\circ$ , la température de l'eau du circuit variant entre  $25$  et  $50^\circ$ , la quantité de chaleur possible pouvant être stockée dans l'habitation pilote est de  $30.000 * 25 = 750.000$  kCalories.

Il sera démontré par la suite que ce stock est suffisant.

Remarquons qu'il est possible de doubler ce stock en remplaçant en totalité ou en partie les murs extérieurs par des convecteurs.

### 65 B - Energie retirée de l'air.

Par manque de soleil, il est possible de retirer la chaleur de l'air lorsque la température extérieure est suffisante. La température de l'air à la sortie d'un échangeur doit encore être de  $2,5^\circ$  afin d'éviter le givrage des ailettes (chute de rendement).

70

A l'entrée, la température de l'air sera supérieure à 5° pour obtenir un échange encore valable. Dans notre cas, la chaleur est transférée à la saumure provenant de l'évaporateur de la PAC.

5

Capacité d'échange

La quantité de chaleur transférée est :  $Q = K * S * \delta m$  avec: K, le coefficient d'échange  
S, la surface d'échange  
 $\delta m$ , la température moyenne

10

L'échangeur devra être capable de soustraire une quantité de chaleur encore importante à basse température. A la plus basse température, l'air entre à 5° et sort à 2,5°. On donnera à la saumure qui arrive à contre-courant de celle de l'air une température négative pour avoir un écart suffisant .

Selon les relevés journaliers, la quantité maximum de calories à fournir par la PAC en 9 heures est de 180.000 kCal.; ce qui nécessite  $180.000 / 1,3 = 138.500$  kCal. à l'échangeur, ceci pour des températures plus élevées, et réduite à 95.000 kCal pour des températures voisines de 5 à 6°.

15

Par précaution on prendra  $120.000 / 9 = 13.300$  kCal. par heure.

Pour un débit raisonnable de la saumure de 2 m<sup>3</sup>/heure, la température à la sortie sera accrue de:  $13.300 / 2000 = 6,6°$ .

La température moyenne d'échange (calculée selon Hausbrand):

Air	5°	saumure	0,6°	la différence d1 = 4,4°
	↓		↑	
	2,5°		-6°	la différence d2 = 8,5°

20

Le rapport  $d1 / d2 = 0,51$  et après correction, selon Hausbrand, passe à 0,73

La température moyenne d'échange est  $0,73 * d2 = 0,73 * 8,5 = 6,2°$

L'échangeur à utiliser doit posséder un K\*S de  $13.300 / 6,2 = 2.145$ .

Parmi ceux du commerce, on trouve le suivant :

25

*Caractéristiques données par le constructeur.*

*Tubes d'acier de 25 mm de diamètre et ailettes en tôle serties de 7\*7 cm espacées de 5 mm en 4 rangées*

*Dimensions: hauteur 0,98m ; largeur 0,84 ; épaisseur 0,36*

*Surface d'échange = 75 m<sup>2</sup> et section libre = 0,36 m<sup>2</sup>*

*Les caractéristiques en fonction de la vitesse de passage de l'air*

30

Vitesse	débit	perte de charge	coeff. de transfert
4 m/s	1,4 m <sup>3</sup> /s	5 mm d'eau	20
6	2,2	8	26
8	2,9	12	28

*Le rendement de ces appareils est en moyenne de 65% à l'état neuf.*

35

La surface d'échange étant de 75 m<sup>2</sup>, K doit être égal à  $2.145/75 = 28$ . On fera donc passer l'air à la vitesse de 8 m/s pour la température minimum de 5°.

**Quantité de chaleur fournie en fonction de la température extérieure.**

40

Pour la température de la saumure de -6° et la vitesse de l'air de 8 m/s., la capacité d'échange est de 13.300 kCal/h, mais la chaleur retirée de l'air est moins élevée et égale à:  $2,9 (m^3/s) * 3.600 * 1,2$  (densité de l'air) \* 0,3 (chaleur spécif. air humide) \* dt° ou  $3.758 * dt°$  avec ( dt = 5 - 2,5 )  
donc  $3.758 * 2,5 = 9.400$  kCal./h.

La puissance d'échange est trop élevée. On peut remonter la température de la saumure à -3° et se contenter d'une valeur proche de 9.400 kCal. Le nouveau  $\delta m$  devient :

45

5	1	d1 = 4	
↓	↑		
2,5	-3	d2 = 5,5	$d1/d2 = 0,72 \rightarrow$ corrigé = 0,84 $\delta m = 0,84 * 5,5 = 4,6°$ .

La capacité d'échange est de  $28 * 759 * \delta m = 2.100 \delta m = 2.100 * 4,6 = 9.660$  kCal ( plus en accord avec la chaleur soustraite de l'air).

50

Pour une température de l'air de 7°

7	1	d1 = 6	
↓	↑		
3,5	-3	d2 = 6,5	$d1/d2 = 0,97$ et $\delta m = 6,5 * 0,92 = 6,3°$

55

La capacité d'échange est de  $2.100 * 6,3 = 13.230$  kCal      La chaleur soustraite à l'air =  $3758 * 3,5 = 13.153$  kCal

Pour une température de l'air de 10°

10	2	d1 = 8	
↓	↑		
5	-3	d2 = 8	$\delta m = 8°$

60

La capacité d'échange =  $2.100 * 8 = 16.800$  kCal      La chaleur soustraite à l'air =  $3.758 * 5 = 18.790$  kCal

Pour une température de l'air de 15°

15	5	d1 = 10	
↓	↑		
7	-3	d2 = 10	$\delta m = 10°$

65

La capacité d'échange =  $2.100 * 10 = 21.000$  kCal      La chaleur soustraite de l'air =  $3.758 * 8 = 30.064$  kCal

Remarquons que nous élevons au fur et à mesure la température de l'air à la sortie pour éviter le givrage (avec la température, l'air devient de plus en plus humide)

70

La courbe ( Fig. 13 ) donne les calories fournies en fonction de la température extérieure.

5	Les débits de la saumure en fonction de la t° extérieure:	5°	9.660 / 4 = 2.400l/h
		7°	13.230 / 4 = 3.300l/h
		10°	16.800 / 5 = 3.300l/h
		15°	21.000 / 8 = 2.600l/h

On choisit donc avec ce type d'échangeur:  
 une vitesse de l'air de 8 m/s.  
 une température de saumure de -3°  
 un débit de la saumure de 3.300 l/h.

Dans ces conditions, la puissance électrique est  $\Rightarrow W = Q \cdot h / 0,65 \cdot 75$

15	Avec	W	la puissance en chevaux
		h	la perte de charge en mm d'eau
		0,65	le rendement
		75	pour convertir les kgm/s en CV

Dans notre cas :  $W = ( 2,9 \cdot 12 ) / ( 0,65 \cdot 75 ) = 0,71$  CV ou 525 Watts  
 La dépense le jour =  $0,525 \cdot 0,155 \text{ €} = 0,081 \text{ €}$  (3,3 Fb).  
 la nuit =  $0,525 \cdot 0,056 \text{ €} = 0,029 \text{ €}$  (1,2 Fb).  
 pour une température moyenne de 7° pour fournir 13.200 kCal

20 **et pour 10.000 kCal**  
**le jour 0,062 € (2,5 Fb)**  
**la nuit 0,022 € (0,9 Fb)**

25 Remarquons que nous avons effectué ces calculs, avec comme base ce type d'échangeur, du fait que nous possédons les caractéristiques de toute la série fabriquée par la Cie Générale d'Hygiène en 1950; mais ce type d'échangeur en fer ne convient pas tellement pour nous à cause de la condensation de la vapeur d'eau et le risque de rouille au sertissage des ailettes réduisant la conductivité. De plus, la vitesse élevée de l'air nécessite, de préférence, un échangeur composé de tubes en cuivre avec ailettes également en cuivre soudées pour un meilleur échange à basse température, ou un autre plus performant.

30 Nous faisons, jusqu'ici, passer la saumure dans l'évaporateur de la PAC pour la simplification de celle-ci et la possibilité d'utiliser l'échangeur pour réintroduire des calories dans le sol ; mais nous pouvons avantageusement créer une dérivation du fluide frigorigène vers l'échangeur pour un meilleur rendement.

Comme dans notre région, il faudra finalement peu utiliser l'énergie du sol ( les calculs suivants le démontreront), nous adoptons cette seconde solution pour notre habitation pilote.

35 **Répartition des températures sur une journée de 24 heures.** (De 7 heures le matin à 7 heures le lendemain.)

C'est le matin au lever du jour que la température est la plus basse. Elle croît graduellement jusque 16-17 heures, présente un palier, puis décroît assez régulièrement jusqu'au lendemain matin.

40 Nous avons relevé les températures le matin "t°1" entre 7 et 8 h. et l'après-midi "t°2" entre 16 et 17 h. Les courbes des températures relevées le jour et la nuit présentent des montées et des descentes tantôt légèrement concaves, tantôt légèrement convexes selon les variations climatiques du moment; mais dans l'ensemble nous pouvons considérer ces courbes comme des droites.

**Chaleur retirée de l'air.**

45 Comme pour l'énergie solaire, la chaleur retirée de l'air le jour pose un problème à cause du prix du kW. Si on peut facilement emmagasiner la chaleur solaire dans AC, il n'en est pas de même de la chaleur extraite de l'air car la température de la saumure est trop basse. Il est préférable de retirer d'abord la chaleur de l'air après 22 heures.

Echangeur et PAC fonctionnent sur le courant de nuit. On se réservera toutefois le droit de récupérer la chaleur de l'air le jour lorsque la géothermie n'est pas possible. Cette chaleur revenant moins chère que la chaleur électrique la nuit.

50 Chaleur récupérée en fonction des températures. ( Fig. 14 ): t°1, t°2 et t°3 (remarquons que t°3 est la température t°1 le lendemain matin). Dans la majorité des cas t°2 est supérieur.

**Le jour**, l'échangeur fonctionne dès que la température extérieure atteint 5°. C'est cette température qui commande la mise en route de l'échangeur et la PAC.

La quantité de chaleur récupérée jusque 16 heures correspond à la zone hachurée A et dj1 est la durée de marche de ces appareils.

55 On a la relation  $dj1 / (t^2 - 5) = 9 / (t^2 - t^1)$  et  $dj1 = 9 (t^2 - 5) / (t^2 - t^1)$

La température moyenne est  $t^{\circ}mj1 = (t^2 + 5) / 2$ .

La quantité de chaleur obtenue par heure en fonction de la température extérieure est indiquée sur la courbe précédente. ( Fig. 13 )

60 Pour une durée de marche dj1, la quantité totale transférée à la PAC par l'échangeur est le produit de ces deux valeurs. Pour connaître la quantité de chaleur transférée par l'échangeur entre 16 et 22 h. , on calculera la durée de fonctionnement et la température moyenne de la même manière.

**La nuit**, échangeur et PAC fonctionnent à partir de 22 h.

$t^4 = 0,6 t^2 + 0,4 t^3$  La durée  $dn = 15 (t^4 - 5) / (t^2 - t^3)$ , et la température moyenne  $(t^4 + 5) / 2$

Lorsque t°2 et t°3 sont > 5, dn (la durée de fonctionnement) est de 9 h.

65 Et lorsque t°2 < t°3,  $dn = 15 (t^3 - 5) / (t^3 - t^2)$

La température moyenne:  $(t^4 + 5) / 2$  ou  $(5 + t^3) / 2$  selon que t°4 est > ou < à 5°.



**Répartition des différentes énergies**

Jusqu'ici, nous avons traité dans les tableaux mensuels précédents uniquement des pertes et de l'incidence de l'énergie solaire ( voir à partir de la page 6 )

Pour rappel:

- P les calories perdues par tout le bâtiment en 24 heures et en fonction de la température extérieure  $P = 5805 \Delta t^\circ$ .
- p1 les calories perdues pendant les périodes de soleil dans les parties de l'habitation ensoleillées.
- p2 la perte restante (P-p1)
- F les calories transférées par la PAC.
- A St la quantité de chaleur excédentaire à stocker dans le circuit de chauffage.
- Avec les nouvelles données sur les autres énergies complémentaires, nous ajoutons à ces tableaux:
- St le stock en fin de journée( le lendemain matin à 7 heures ) c-à-d. la quantité de chaleur présente dans le circuit de chauffage.
- Fx les calories provenant de l'énergie solaire réellement utilisées
- Air les calories retirées de l'air la nuit.
- RAF le Reste des calories A Fournir et dans l'ordre: l'énergie géothermique, l'air le jour, finalement électrique.

**Comparaison des prix de ces différentes sources**

Pour 10.000 kCal nécessaires pour le chauffage, il faut dépenser avec:

- 1 Le fuel a) les nouvelles chaudières à haut rendement (100%) 1 litre à 0,37 € **0,37 €**  
 b) les foyers et chaudières actuellement en service dont le rendement est estimé à 70% : 1,43 l. **0,53 €**
- 2 La chaleur solaire: pour 10000 kCal à fournir sortie PAC  $2,84 * 0,056 \text{ €} =$  **0,16 €**
- 3 La chaleur retirée de l'air après 22 heures et transférée directement par la PAC =  $0,159 + 0,022 =$  **0,18 €**
- 4 La géothermie: la chaleur est captée du sol par le circuit de transfert la nuit et transmise par la PAC **0,16 €**
- 5 La chaleur est retirée de l'air le jour et transmise directement par la PAC: échangeur le jour =  $0,06 \text{ €}$   
 la PAC =  $2,84 * 0,155 \text{ €} =$  **0,44 €**  
**au total 0,50 €**
- 6 Le chauffage électrique la nuit: 11,63 kW **0,66 €**

Dans ces calculs, nous ne tenons pas compte de l'énergie très faible consommée par les pompes de circulation.

A condition de respecter les pertes de charge, la consommation est d'environ 20 Watts pour un débit de 1.000 litres par heure.

**Application au procédé.**

Dans notre région, à partir du 15 septembre, on observe des écarts de températures légèrement plus importants, mais surtout oscillant autour d'une température en régression. Pour des températures moyennes réduites vers 16 et 14° déjà, ces écarts deviennent néfastes pour la santé: rhumes, gripes, etc. On a tout intérêt de mettre le procédé en service pour stabiliser au plus vite la température dans l'habitation et cela grâce à l'inertie thermique de l'ensemble des convecteurs qui est 2,5 fois plus importante que celle de murs en briques (la chaleur spécifique de l'eau est de 1 pour une densité de 1, alors que la chaleur spécif. de la brique est de 0,2 pour une densité voisine de 2).

De plus, la vitesse de diffusion de la chaleur est beaucoup plus rapide (7 fois en se basant sur les coefficients de transfert). Durant cette période, seule la chaleur solaire sera captée, elle élèvera progressivement la température du circuit de chauffe de sorte que le 1er Octobre on se retrouve avec une température de 40° correspondant à un stock de 450.000 kCal nécessaire pour pallier à des températures basses rencontrées certaines années début Octobre. (mais devenant toutefois de plus en plus rare).

En septembre, la température est élevée de 20 à 40°. Il faut fournir  $(40 - 20) * 30.000 = 600.000 \text{ kCal}$  pour un prix de  $600.000 * 0,16 / 10.000 = 9,62 \text{ € (388 Fb)}$ .

Année de chauffage de Octobre 1991 à Mai 1992

**Mois d'Octobre. (voir page 6)**

- Le premier Octobre à 7 heures du matin, le stock dans le circuit de chauffe est de 450.000 kCal .  
 Le soleil brille et fournit ES - p1 =  $110.890 - 8.340 = 102.550 \text{ kCal}$ . Ces calories sont emmagasinées dans AC dont la capacité maximum est de  $28 * 5.000 = 140.000 \text{ kCal}$   
 Cette chaleur est transférée par la PAC après 22 heures dans le circuit de chauffe égale à  $102.550 * 1,3 = 133.315$  (colonne F) moins la perte p2 c-à-d.  $133.315 - 26.490 = 106.825$  (colonne: à St.).  
 Le stock dans le circuit de chauffe s'élève à  $450.000 + 106.825 = 556.825 \text{ kCal}$ .

- "Dans la colonne F, nous faisons suivre 133.315 d'un point pour indiquer que toute l'énergie solaire a été utilisée et reporte cette valeur dans la colonne Fx : (chaleur solaire réellement utilisée); et faisons suivre d'une croix quand une partie seulement est utilisée "-

- Le 2 Octobre matin, il ne reste plus de calories dans AC et la saumure est redescendue à la température de -3°. La chaleur solaire est entièrement captée par AC, la quantité à stocker (F - p2) est de 88.159 kCal qui porte le stock à 644.984 kCal.

- Le 3 Octobre, idem, le stock passe à 739.365 kCal.

- "Remarquons que nous parlons de chaleur emmagasinée dans AC et de chaleur stockée dans le circuit de chauffage."-

- Le 4 Octobre, la quantité de chaleur à stocker s'élève à 100.603 kCal.  
La PAC ne fournira pas cette quantité car le stock devient maxi.
- 5 - " le thermomètre thc atteint 50° et coupe le courant de la PAC; "-  
mais seulement 750.000 - 739.365 plus la perte p2 seront utilisés = 41.540  
Il reste dans AC 110890-9730-41540=59620 (que l'on retrouve dans le haut de AC).  
-"Le PC pilotera la PAC la nuit de sorte que la chaleur contenue dans AC soit retirée avant la chaleur de l'air "-
- 10 - Le 5 Octobre, pas de soleil, la chaleur est retirée de l'air la nuit, les températures sont: t1 = 9°; t2 = 22°; t3 = 13°. La température étant >5°, à 22h., l'échangeur et la PAC sont actionnés. Pour ces températures, le tableau ( page 15 ) indique que l'échangeur peut extraire plus de 136.000 kCal. (limite de l'échangeur, imposé par la PAC). La PAC fournira la totalité de la perte P = 23.220 et l'échangeur 23.220 / 1,3 = 17.861 kCal que l'on porte dans la colonne Air.  
Ainsi, le 5 octobre, les 23.220 kCal que doit fournir la PAC correspondent à 17.861 kCal à retirer de AC. Il restera 59.620 - 17.861 = 41.759 kCal
- 15 Le 6 octobre AC arrive à son stock maxi (140.000 kCal) et y restera jusqu'au 16. En réalité, on retire plus de calories du soleil que les calculs indiqueront par la suite, mais vu la faible différence dans le prix de revient entre l'énergie solaire et celle de l'air, on ne tient pas compte ici dans ces calculs de l'énergie résiduelle contenue dans AC, l'erreur étant très faible et les calculs déjà assez conséquents. Le calcul sera le suivant:
- Le 6 Octobre, le soleil revient et la PAC fournit l'équivalent de la perte p2: Fx = 13.245 kCal
- 20 Les jours suivants jusqu'au 16 Octobre, le soleil continue à fournir chaque jour l'équivalent de p2.
- Le 17 Octobre, fini le soleil, la chaleur est empruntée à l'air la nuit. t1 = 6°; t2 = 16°; t3 = 5°.  
A 22 h., t4 = 0,6 \* 16 + 0,4 \* 5 = 11,5°; la durée dn est de 9h. (puisque t2 et t3 sont >5) et la température moyenne = (11,5 + 5) / 2 = 8°. La capacité en calories de l'échangeur = 14.500 \* 9 = 130.500 ( voir le tableau qui donne directement ces valeurs pages 13 ). La PAC fournira l'équivalent de la perte p2 = 52.245 et l'échangeur seulement 52.245 / 1,3 = 40.188 kCal.
- 25 - Le 18 octobre: t1 = 5°; t2 = 12°; t3 = 4° → t4 = 0,2 \* 12 + 0,4 \* 4 = 8,5°,  
dn = 15 (8,5 - 5) / (12 - 4) = 6,5 heures de marche, la température moyenne de: (8,5 + 5) / 2 = 6,5°. La capacité calorifique de l'échangeur de: 12.250 \* 6,5 = 79.620 (voir tableau), mais ne fournira que 63.855 / 1,3 = 49.119 kCal.
- Le 19 octobre, t1 = 4°; t2 = 14°; t3 = 3°. Le tableau indique une capacité calorifique de 81.300, mais ne doit fournir que 63.855 / 1,3 = 49.119 kCal.
- 30 - Le 20 octobre, la capacité de l'échangeur est de 38.420 et après PAC: 38.420 \* 1,3 = 49.946 kCal  
Or la perte est plus élevée = 75.465; le manque est puisé dans le stock qui tombe à 750.000 - 75.465 + 49.946 = 724.481 kCal.
- " Tant que la température dans le circuit de chauffage est > 25°, le PC ne permet pas de retirer la chaleur d'une autre source que celles du soleil et de l'air " -
- 35 - Le 21 octobre, idem, la capacité de l'échangeur = 48.590 et après PAC = 63.167 on fait de nouveau appel au stock 724.481 - 87.075 + 63.167 = 700.573 kCal
- Le 22 octobre, la capacité de l'échangeur = 76.560 et après PAC = 99.531; le stock remonte: 700.573 - 81.270 + 99.531 = 718.834 kCal
- 40 - Le 23 octobre, la capacité de l'échangeur = 131.750 et après PAC = 169.650; or la PAC doit seulement fournir: 750.000 - 718.834 + 75.465 = 106.631 et l'échangeur à la PAC: 106.631 / 1,3 = 82.023 kCal
- Le reste du mois, la capacité de l'échangeur est plus que suffisante.
- |  |              |                 |                            |
|--|--------------|-----------------|----------------------------|
| Le soleil fournit  | 776.820 kCal | pour un prix de | 12,44 € (502 Fb).          |
| L'air  | 598.355      |                 | 10,93 € (441 Fb).          |
|  |              | <b>au total</b> | <b>23,37 € (943 Fb).</b>   |
| <b>Si on avait utilisé le fuel il aurait fallu 200 litres pour</b> |              |                 | <b>74,36 € (3.000 Fb).</b> |

#### Mois de Novembre.

- 50 Le 1er Novembre, le stock est de 750.000 kCal et pas de soleil. La capacité de l'échangeur est plus que suffisante et fournit seulement 52.245 / 1,3 = 40.188 kCal.  
Par la suite, ce sont toujours les mêmes calculs comme au mois d'Octobre
- |                                    |              |                 |                             |
|------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|
| Le soleil fournit                  | 462.898 kCal | pour un coût de | 7,41 € (299 Fb).            |
| L'air                              | 1.022.828    |                 | 18,69 € (754 Fb).           |
|                                    |              | <b>au total</b> | <b>26,10 € (1.053 Fb).</b>  |
| <b>Si on avait utilisé le fuel</b> |              |                 | <b>130,44 € (5.262 Fb).</b> |

#### Mois de Décembre.

- 60 Le stock est de 98.652 kCal, les températures sont trop basses et pas de soleil, le stock tombe à 0, la température du circuit de chauffe arrive à 25°  
-"A ce moment le courant est branché sur les autres sources"-  
RAF s'élève à 110.295 - 98.652 = 11.643 kCal  
Les autres jours jusqu'au 15, peu de soleil et les temp. sont trop basses, le système fait appel aux autres sources (RAF)  
A partir du 16, c'est surtout l'air qui fournit la chaleur, le stock remonte.
- |                   |                           |                 |                            |
|-------------------|---------------------------|-----------------|----------------------------|
| Le soleil fournit | 509.658 kCal              | pour un coût de | 8,15 € (329 Fb).           |
| L'air             | 1.267.615                 |                 | 23,18 € (935 Fb).          |
|                   |                           | <b>au total</b> | <b>31,33 € (1.264 Fb).</b> |
| RAF               | par géothermie            |                 | 17,55 € (708 Fb).          |
|                   | avec échangeur et PAC     |                 | 55,23 € (2.228 Fb).        |
|                   | avec chauffage électrique |                 | 71,99 € (2.904 Fb).        |
- 70

D'où, les trois procédés possibles.

	<b>Le procédé A (avec géothermie)</b>	<b>31,33 + 17,55 =</b>	<b>48,88 € (1.972 Fb).</b>
5	Le procédé B (aéroth + PAC le jour)	31,33 + 55,23 =	86,56 € (3.492 Fb).
	Le procédé C (chauffage électrique)	31,33 + 71,99 =	103,32 € (4.168 Fb).
	<b>Si on avait utilisé du fuel</b>	<b>le coût =</b>	<b>150,17 € (6.058 Fb).</b>

Mois de Janvier.

10 Au départ le stock est de 652.740 kCal, pas de soleil jusqu'au 19, la chaleur est retirée de l'air mais insuffisante, c'est surtout le stock qui alimente jusqu'au 18.

Par après le soleil réapparaît mais insuffisant c'est RAF qui fournit le reste.

	Le soleil fournit	495.460 kCal	pour un coût de	7,93 € (320 Fb).
	L'air	720.885		13,16 € (531 Fb).
15			<b>au total</b>	<b>21,09 € (851 Fb).</b>
	RAF	par géothermie		12,44 € (502 Fb).
		aéroth + PAC le jour		39,07 € (1.576 Fb).
		chauffage électrique		51,02 € (2.058 Fb).
20	Le procédé A		<b>21,09 + 12,44 =</b>	<b>33,53 € (1.353 Fb).</b>
	B		21,09 + 39,07 =	60,16 € (2.427 Fb).
	C		21,09 + 51,02 =	72,11 € (2.909 Fb).
	<b>Si on avait utilisé le fuel</b>		<b>le coût =</b>	<b>164,97 € (6.655 Fb).</b>

Mois de Février.

25 Le 1 et le 2, pas de soleil et température de l'air insuffisante c'est RAF qui procure la chaleur

Le 3, l'échangeur fournit la chaleur et permet de stocker 48470 kCal

Le reste du mois: soleil et air suffisent, le 29, le stock est remonté à 360120 kCal

	Le soleil fournit	1.380.555 kCal	pour un coût de	22,13 € (893 Fb).
	L'air	666.180		12,17 € (491 Fb).
30			<b>au total</b>	<b>34,30 € (1.384 Fb).</b>
	RAF fournit 226.395 kCal	par géothermie		3,62 € (146 Fb).
		aéroth + PAC le jour		11,38 € (459 Fb).
		chauffage électrique		14,87 € (600 Fb).
35	Le procédé A		<b>34,30 + 3,62 =</b>	<b>37,92 € (1.530 Fb).</b>
	B		34,30 + 11,38 =	45,68 € (1.843 Fb).
	C		34,30 + 14,87 =	49,17 € (1.984 Fb).
	<b>Si on avait utilisé le fuel</b>			<b>128,28 € (5.175 Fb).</b>

Mois de Mars

40 Le 1er, le stock est de 360.120 kCal. Le soleil et l'air la nuit suffisent

	Le soleil fournit	590.479 kCal	pour un coût de	9,47 € (382 Fb).
	L'air	1.136.651		20,75 € (837 Fb).
			<b>au total</b>	<b>30,22 € (1219 Fb).</b>

**PAS de RAF**

45 **Si on avait utilisé le fuel** **116,56 € (4.702 Fb).**

Mois d'Avril

Soleil et air suffisent

	Le soleil fournit	403.182 kCal	pour un coût de	6,45 € (260 Fb).
50	L'air	783.879		14,33 € (578 Fb).
			<b>au total</b>	<b>20,78 € (838 Fb).</b>
	<b>Si on avait utilisé le fuel</b>			<b>94,97 € (3.831 Fb).</b>

Mois de Mai

55 A partir du 15 Mai tout est à l'arrêt sauf la pompe de circulation du circuit de chauffage qui s'arrêtera le 31 afin d'épuiser les calories en stock.

	Le soleil fournit	171.040 kCal	pour un coût de	2,73 € (110 Fb).
	L'air	388.488		7,09 € (286 Fb).
60			<b>au total</b>	<b>9,82 € (396 Fb).</b>
	<b>Si on avait utilisé le fuel</b>			<b>41,94 € (1.692 Fb).</b>

## EN RESUME :

Sur l'année les % apportés par le soleil, l'air et RAF

65	mois	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai
	Soleil	56	31	18	25	56	35	34	31
	Air	44	69	44	36	29	65	66	69
	RAF	0	0	38	39	15	0	0	0

Prix, selon la solution adoptée .

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai
5	proc.A	943	1.053	1.972	1.353	1.530	1.219	838 396
								<b>total = 230,64 € (9.304 Fb).</b>
	proc.B	943	1.053	3.492	2.427	1.843	1.219	838 396
								<b>total = 302,70 € (12.211 Fb).</b>
10	proc.C	943	1.053	4.168	2.909	1.984	1.219	838 396
								<b>total = 355,62 € (13.539 Fb).</b>
	Si fuel	3.000	5.262	6.058	6.655	5.175	4.702	3.831 1.692
								<b>total = 901,71 € (36.375 Fb).</b>

En utilisant le procédé A, le GAIN réalisé sur l'année est de

671,07 € (27.071 Fb).

15

Année 90-91.

Une des années les plus froides, caractérisée par un gel important en décembre, janvier et février

En utilisant le procédé A le coût annuel est de 214,50 € (8.653 Fb).

le fuel 880,32 € (35.512 Fb).

20

d'où un GAIN de

665,82 € (26.859 Fb).

Sur l'année, les % apportés par le soleil, l'air et la géothermie:

mois	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai
25	soleil	44	55	10	52	33	56	47 37
	air	56	45	52	39	16	44	53 63
	RAF	0	0	38	9	51	0	0 0

Ce dernier exposé nous permet de mieux comprendre le fonctionnement.

30

### D - Mise en route du procédé

On arrive finalement au schéma (Fig. 15)

#### Fonctionnement.

1 -Le jour de 7 heures à 22 heures.

35

A 7 heures, suite à une impulsion de l'horloge du PC, débute le programme "jour". La température  $t_{ha}$  (29) au plafond est < à 25°, la pompe PC1 (28) du circuit de transfert de AC (27) est à l'arrêt, de même que la pompe à chaleur (30). C'est l'eau chaude du circuit de chauffage dont la température oscille entre 25 et 50° qui alimente les convecteurs, les solives ou les hourdis, PC3 (34) marche (M), les électrovannes V1 (37), V3 (38), V4 (39), V5 (40) sont fermées, V2 (41) est ouverte.

40

Lorsque le soleil brille, la température  $t_{ha}$  (29) dépasse 25°, le circuit de transfert entre en action, PC1 marche (M) et emmagasine la chaleur dans le haut de l'accumulateur (AC). Le débit de PC1 est faible: 5 m<sup>3</sup> en 10 heures au maximum. Toutes les vannes restent dans la même position.

Lorsque le soleil disparaît,  $t_{ha}$  devient < 25° et PC1 revient à l'arrêt.

2 -La nuit de 22 heures à 7 heures.

45

A 22 heures débute le programme nuit, également sur une impulsion de l'horloge du µPC.

Tant que  $t_{hb}$  (42) ( la température en haut de l'accumulateur) dépasse 0°, la vanne V1 reste ouverte, V5 s'ouvre, PC2 (33), PC3 (34) et la PAC marchent. Les calories contenues dans Ac passent dans le circuit de chauffage, et lorsque  $t_{hb}$  (42) devient < 0°, PC2 et la PAC repassent à l'arrêt, V1 et V5 se ferment.

Le thermomètre  $t_{hc}$  (43) du circuit de chauffage oscille entre 25 et 50°.

50

S'il n'y a pas eu de soleil  $t_{hb}$  reste inférieur à 0°, la chaleur est retirée de l'air à condition que  $t_{hd}$  (44) soit > 5°, V2 se ferme, V3 s'ouvre l'échangeur sert d'évaporateur à la PAC: PC3, PAC et échangeur fonctionnent.

S'il n'y a pas de soleil et que la température de l'air est insuffisante,  $t_{hd}$  < 5°, seule la pompe de circulation fonctionne et la chaleur est extraite du stock. Le circuit de chauffage vit avec sa réserve et lorsque  $t_{hc}$  tombe en dessous de 25°, la chaleur est extraite du sol. V2 et V4 s'ouvrent, V3 se ferme, PC2 et la PAC fonctionnent

Lorsque  $t_{he}$  (45) arrive aux environs de 0°, la chaleur est extraite de l'air le jour à condition que  $t_{hd}$  soit > 5°, V2 se ferme, V3 s'ouvre, la PAC et l'échangeur pour l'air fonctionnent.

55

Finalement lorsque  $t_{hc}$  < 25°,  $t_{hd}$  < 5°,  $t_{he}$  < 0° et pas de soleil, c'est le chauffage électrique (47) qui entre en action.

Après le 15 Mai, lorsque  $t_{hc}$  atteint 50°, tout le système s'arrête sauf la pompe de circulation du circuit de chauffage qui s'arrêtera finalement le 31 mai afin d'épuiser les calories du circuit.

60

#### FONCTIONNEMENT.

##### Le jour

65

	thermomètres contacteurs					Pompes circulation			Electrovannes					Ech.	
	a	b	c	d	e	PC1	PC2	PC3	PAC	V1	V2	V3	V4		V5
7 h. le matin															
pas de soleil	<25		>25			A	A	M	A	F	O	F	F	F	A
soleil	>25					M	A	M	A	F	O	F	F	F	A
échangeur et PAC le jour			<25	>5	<0	A	A	M	M	F	F	O	F	F	M

70

**La nuit**

5	thermomètres contacteurs					Pompes circulation			Electrovannes						
	a	b	c	d	e	PC1	PC2	PC3	PAC	V1	V2	V3	V4	V5	Ech.
	chaleur retirée de AC	>0	>25			A	M	M	M	O	O	F	F	O	A
	AC épuisé	<0	>25			A	A	M	A	F	O	F	F	F	A
	chaleur extraite de l'air	<0	>25	>5		A	A	M	M	F	F	O	F	F	M
10	ni soleil et t° ext. <5°	<0	>25	<5		A	A	M	A	F	O	F	F	F	A
	extraction du sol	<0	<25	<5	>0	A	M	M	M	F	O	F	O	F	A
	chauffage électrique	<0	<25	<5	<0	A	A	M	A	F	O	F	F	F	A
	après le 15 mai		50			A	A	M	A	F	O	F	F	F	A
	le 31 mai: arrêt total					A	A	A	A	F	O	F	F	F	A

15

**Améliorations possibles.**

1 Pour cette maison pilote, les calculs ont été effectués avec une surface des baies vitrées exposées au Sud de 32,5 m<sup>2</sup>.

20

Comme dans le procédé décrit, on fait appel en dernier recours à la chaleur retirée de l'air le jour et au chauffage électrique, très coûteux, on voit que l'on a intérêt de forcer la quantité de chaleur reçue du soleil, surtout lorsque la géothermie n'est pas, ou peu, possible.

La maison pilote possède un versant de toiture exposé au Sud dont la surface est de 6 \* 24 m = 144 m<sup>2</sup>. Si, on y installe des panneaux solaires plans sur le 1/4 de cette surface seulement c-à-d 36 m<sup>2</sup> pour des dimensions de 4 \* 9m, l'énergie solaire captée devient double.

25

2 Il en est de même de l'énergie retirée de l'air en augmentant la capacité de l'échangeur.

3 En ajoutant des panneaux solaires en toiture ou sur les murs (plus efficace l'hiver sur les murs, car les rayons solaires tombent presque perpendiculairement sur les panneaux).

Des panneaux solaires à concentration délivrant une température beaucoup plus élevée et pouvant être stockée directement dans le circuit de chauffage, sans devoir passer par la PAC.

30

Possibilité de remplacer les murs extérieurs par des convecteurs avec isolation et paroi extérieure (briques, panneaux divers), ainsi capable de stocker dans l'habitation pilote jusque 1.500.000 kCalories, ce qui permet de réduire l'épaisseur des cuves des convecteurs ou accroître la capacité de stockage dans certaines régions.

35

4 Dans notre région, pour les conditions météorologiques rencontrées durant ces 15 ans, le stock de 750.000 kCal. paraît suffisant, mais il pourra être réduit dans des régions plus chaudes en utilisant une épaisseur moindre pour les cuves des convecteurs, ou l'inverse pour des régions plus froides. Vu la possibilité de remplacer les murs extérieurs par des convecteurs isolés, l'épaisseur des cuves des convecteurs pourra être réduite.

Dans certains cas, le soit disant convecteur sera réduit à la simple fonction de réservoir de calories, la convection étant supprimée (pas d'orifices dans les parois).

40

5 Dans cet exposé, pour la facilité des calculs, nous avons utilisé des températures fixes mais pour un meilleur rendement et un meilleur confort ces températures seront modulées par le PC en fonction du moment et des températures extérieures sur une certaine période.

De la Norvège à l'Espagne et le reste de la planète, ce sera l'éternel compromis entre l'amortissement de l'installation, le rendement et la surface de captage solaire, les possibilités de l'air et du sol, parfois l'énergie à retirer en plus de l'eau, l'énergie éolienne ou encore la géothermie profonde.

45

**2) EQUIPEMENT****A - Captage de l'énergie solaire dans les habitations.**

50

Pour simplifier les calculs précédents, nous avons choisi des solives, mais d'autres types d'échangeurs peuvent être utilisés: des hourdis creux, des échangeurs plats, etc... ( Fig. 7 )

**Solives.**

55

Nous avons pris des solives de section rectangulaire, mais d'autres formes sont possibles: par exemple une section trapézoïdale ou polygonale permettra d'avoir une plus grande surface d'échange (6-7-8-9-10-11). Les dimensions seront calculées en fonction de la charge à supporter.

60

Les entrées et sorties pourront être situées d'un même côté, la saumure étant acheminée à l'intérieur par un tube interne perforé de sorte que la température à la surface de la solive soit la même sur toute la longueur, afin d'éviter des zones froides et ne pas atteindre le point de rosée. De la sorte l'encombrement avec les conduites porte d'un même côté de la pièce. Dans certains cas, pour accroître la portance, le tube intérieur pourra être soudé sur le bas de la solive (résistance à la traction) (8), avec collecteur de condensation (9).

65

L'ensemble sera monté en parallèle ou série-parallèle vu le très faible débit demandé (500 litres / heure = 5 m<sup>3</sup> en 10 heures). Elles seront reliées entre elles et aux circuits de distribution par des tubes plastiques souples de faibles diamètres. On utilisera des tubes équipés de raccords rapides fabriqués industriellement à des dimensions standardisées.

70

Remarquons qu'entre les solives placées dans les pièces ensoleillées, il reste un espace et qu'il est possible de placer des échangeurs plats alimentés par le circuit de chauffage. On évite, de la sorte, d'utiliser les solives à la fois pour la récupération de la chaleur solaire et le chauffage rayonnant par le plafond

Dans les nouvelles habitations lorsque tous les murs intérieurs sont remplacés par des convecteurs, ils occupent toute la hauteur. Les solives seront posées et attachées sur ces convecteurs quitte à renforcer ses derniers pour supporter des étages. On tiendra compte de la dilatation et de l'insonorisation lors de la pose de celles-ci.

**Hourdis.**

5 Comme les solives sont apparentes, certains aimeront mieux voir un plafond plan. On utilisera également un tube creux sur lequel on fixera deux ailettes, ou un U soudé sur une tôle (12-13-14). Diverses formes seront adoptées selon le goût du client afin d'avoir une surface d'échange suffisante, les hourdis seront reliés entre eux par des joints en caoutchouc pour la dilatation et l'insonorisation. Ils seront adaptés et fixés comme les solives, ou en combinaison avec les solives (15-16).

10 **1 - Echangeurs plats.**

Divers types du commerce à ailettes peuvent être utilisés. L'encombrement est beaucoup moindre. Il sera également possible de placer de tels échangeurs entre le plafond et un sous-plafond, ou un panneau léger en plastique ajouré et décoratif cachant les échangeurs. Ce sera par exemple le cas en restauration de bâtiments. La circulation de l'air pouvant être forcée par un ventilateur pour augmenter le pouvoir d'échange et répartir par des ouvertures l'air refroidi, comme cela se fait dans les chambres frigorifiques. Beaucoup de combinaisons sont possibles avec ces divers éléments.

15 **2 - Accumulateur.**

La chaleur est stockée dans un réservoir de 5 m<sup>3</sup> isolé thermiquement. On pourra utiliser une citerne calorifugée et enfuie dans le sol, des cuves moulées en plastique, en polyester armé de fibres de verre, des bâches souples comme celles utilisées dans l'industrie pour le stockage des liquides, etc...

Cette cuve ou la bâche pourra être placée dans une cave, un vide sanitaire, une pièce en même temps que l'échangeur air-eau et la pompe à chaleur.

25 Un abri de jardin peut parfaitement convenir. Ainsi, pour une hauteur de 2 m, la surface au sol sera seulement de 2,5 m<sup>2</sup> (2m \* 1,25m) et on y installera avantageusement l'échangeur air-eau (conduites d'air d'alimentation et de refoulement plus courtes et pas de bruit dans le bâtiment). Tout le circuit de transfert sera protégé par un antirouille et un antigel comme déjà expliqué.

30 **3 - Convecteurs.**

Les cuves des convecteurs seront en métal de préférence en fer, vu son prix et sa conductibilité, mais peuvent être également en inox ou autres matériaux.

Dans une nouvelle habitation, bureaux, ateliers, etc., les cuves des convecteurs sont fixées entr'elles avec des dispositifs de dilatation et d'insonorisation (par exemple type silent-bloc). Elles seront posées sur un isolant acoustique. La cuve elle-même est un bon isolant acoustique de par sa masse.

35 On sait qu'une paroi pesant 100 kg/m<sup>2</sup> a un indice d'isolement de 40 dB à la fréquence moyenne des bruits de 500 Hz, et que chaque fois qu'on double la masse, l'isolement augmente de 4 dB. Comme la cuve possède une masse de 200 kg/m<sup>2</sup> (eau uniquement), l'indice d'isolement acoustique à 500 Hz sera donc de 44 dB, pratiquement la même valeur que celle d'un mur de 12 cm (briques + enduit) et le convecteur, avec ses parois, comparable à un mur en béton cellulaire de 30 cm d'épaisseur.

40 Sous les cuves, des tubes en PVC rigide, d'assez grands diamètres, noyés dans le béton et dans lesquels passent les conduites souples reliant les cuves aux conduites de distribution.

Chaque cuve sera emprisonnée entre deux parois plus ou moins isolantes pour former le convecteur (K de la paroi entre 0,4 et 0,6). ( Fig. 16 ) bois (48), mousse polymère (49), passage de l'air (50).

45 Des ouvertures dans le haut et le bas des cloisons permettront la convection et les meubles choisis avec pieds (ils le sont le plus souvent) ne gêneront nullement la circulation de l'air. Ces ouvertures seront équipées de toiles assez solides (type moustiquaire) et démontables pour le nettoyage.

Un volet dans l'ouverture du haut sera commandé par un thermostat logé dans la pièce. L'ouverture du bas sera située au niveau du carrelage afin d'évacuer rapidement l'eau en cas de début d'incendie, si ce système est adopté. L'eau pouvant s'écouler par les grosses conduites en PVC rigide à condition de relier celles-ci à l'égout.

50 **Capacité calorifique des convecteurs.**

Dans les cuves de ces convecteurs, la température varie entre 25 et 50°.

La surface totale d'échange pour l'habitation pilote est de 262 m<sup>2</sup>. Pour une hauteur de 2 m 50, le coefficient d'échange est de 9, vu l'effet de cheminée causé par la hauteur. Avec une variation de température de l'air de 22° au plafond pour 18° au sol et une chute de 25° à 20° dans la cuve, la température moyenne d'échange est:

55 
$$\begin{array}{ccc} 25 & 22 & d2 = 3 \\ \downarrow & \uparrow & \\ 20 & 18 & d1 = 2 \end{array} \quad d1 / d2 = 0,66 \text{ et après correction} = 0,81 \text{ et } \delta m = 2,4^\circ$$

60 La capacité d'échange =  $9 * 262 * 24 * 2,4 = 135.820 \text{ kCal.}$  correspondant à un écart de température de  $135.820 / 5.805 = 23,5^\circ$  (capable de vaincre une température extérieure de  $-3,5^\circ$ ). Pour un gel plus prononcé, la température des cuves sera accrue de quelques degrés. C'est le PC qui réglera cette température en se basant sur la température extérieure. Remarquons qu'il faut ajouter la chaleur traversant la paroi et qui est loin d'être négligeable.

On ne devra donc pas rechercher le moyen d'accroître la surface d'échange par les procédés utilisés pour les radiateurs de chauffage central ( ailettes et éléments juxtaposés).

65 Un convecteur étant situé entre deux pièces de l'habitation, il sera possible de l'utiliser pour le chauffage de ces deux pièces, ou une seule en utilisant une cloison sans ouvertures du côté que le convecteur ne doit pas chauffer.

Remarquons l'économie en briques et main d'oeuvre qui compense le prix des convecteurs. Pour avoir la même isolation acoustique que les convecteurs, il faudrait utiliser des blocs de béton cellulaire de 50 \* 25 et 30 cm d'épaisseur, et pour les 150 m<sup>2</sup> de murs: 1.200 blocs et à 3,72 € (150 Fb) le bloc = 4.462 € (180.000 Fb). + la main d'oeuvre, ce qui compense en grande partie le prix des convecteurs préfabriqués.

70

Dans cette installation rien ne sera apparent. La pose des conduites souples sera ultra-rapide. (pas de coudes, pas de lignes droites à respecter).

5

Nous avons vu que le stockage de la chaleur se réalise entre 22 h et 7 h du matin, et dans certaines régions ou pays, on peut profiter des heures creuses allouées par les compagnies d'électricité.

10

Le volume complet du circuit devra être renouvelé, pour le bien, une fois en une nuit pour un meilleur rendement de la PAC, mais le débit dépendra surtout du pouvoir d'échange du condenseur de celle-ci qui détermine la vitesse de circulation. Toutefois, pour conserver un faible débit dans le circuit de chauffage, on pourra utiliser un circuit bi-pass avec accélérateur selon le procédé classique utilisé dans l'industrie.

15

Nous avons placé les cuves dans les murs intérieurs, mais ils peuvent être placés dans ou sur un mur extérieur pour les grands bâtiments où les murs intérieurs sont absents. Les cuves pourront couvrir toute la longueur et la hauteur, on n'est pas limité à la distance de la cloison au mur. Il ne sera donc pas nécessaire de réduire l'épaisseur du mur. On peut cependant avantageusement utiliser des panneaux métalliques isolés comme on en rencontre de plus en plus dans les bâtiments industriels, pour réduire l'épaisseur du mur, la cuve du convecteur étant "collée" sur l'isolant.

Faisant office de convecteur, il est également possible d'utiliser en complément les hourdis comme plancher chauffant, des échangeurs en sous-sol, etc...

20

### **B - Pompes à chaleur.**

Il y a plus de 50 ans Brown-Boveri chauffait déjà ses ateliers de construction avec des radiateurs à eau chaude portés à 50°, en utilisant la chaleur empruntée à la rivière Limmat dont l'eau est à une température inférieure à 10°. A l'époque, la revue Brown-Boveri donnait le bilan suivant :

25

-chaleur retirée de l'eau pompée à la rivière à la température de 5°:	1400.000 kCal
-énergie électrique fournie à la pompe à chaleur (exprimée en kCal)	500.000 kCal
-chaleur délivrée au radiateurs de chauffage à 50°:	1900.000 kCal

Pour 10.000 kCal retirées à la rivière, la dépense en électricité est de  $(5 * 10) / (14 * 860) = 4,153$  kW.

30

Avec la pompe à chaleur, le travail de compression se retrouve sous forme de chaleur et pour les 10.000 kCal à l'entrée on retrouve  $10.000 * 19 / 14 = 13.570$  kCal à la sortie.

Or le rendement d'une pompe à chaleur est lié à la puissance frigorifique volumique; celle-ci varie en fonction de l'écart de température avant et après détente. Il faut retrancher à la chaleur de vaporisation la différence d'enthalpie entre ces deux températures, elle même égale au produit de la différence de température par la chaleur spécifique.

35

En utilisant le fréon 12 (difluoro-dichloro-méthane) dont la chaleur spécifique est de 0,230 et comme la température dans l'accumulateur varie entre 3 et 25°, les rendements de la pompe dans notre maison pilote varieront:

a/ entre 25 et 50° au départ soit un écart de 25°

- la perte d'effet calorifique est  $25 * 0,230 = 5,75$
- la chaleur latente de vaporisation à 25° est 33,8
- l'effet calorifique réel est égal à  $33,8 - 5,75 = 28,05$

40

Comme le volume spécifique à 25° est 0,025, le rendement volumique est  $28,05 / 0,025 = 1122$

b/ entre 3 et 50° ( à la fin du cycle de nuit )

- la perte d'effet calorifique =  $47 * 0,230 = 10,8$
- la chaleur latente de vaporisation à 3° est 36,7
- l'effet calorifique réel =  $36,7 - 10,81 = 25,89$

45

Comme le volume spécifique à 3° est 0,050, le rendement volumique est  $25,89 / 0,050 = 518$

En réalité, l'écart de température sera plus élevé pour permettre les échanges, mais le rapport reste sensiblement le même et la consommation en relation avec ce rapport.

Raison pour laquelle le PC maintiendra l'écart de température le plus faible possible par une température la plus basse et juste suffisante dans le circuit de chauffage .et une température minimum la plus élevée possible dans le circuit de transfert.

50

Dans le schéma fourni par Brown-Boveri ( Fig. 17 ), le fréon utilisé est le C F Cl3. Remarquons que l'écart de température est élevé (42°) et de ce fait la puissance du moteur de la PAC est de 4,15 kWh pour capter 10.000 kCal, alors que dans nos calculs, nous avons pris une consommation moyenne de 3,85 kWh pour des écarts très variables mais beaucoup plus faibles.

55

#### ***Pompe à chaleur Air - Eau.***

Dans la pratique un accumulateur est nécessaire pour stocker la chaleur. Dans notre cas, l'accumulateur qui n'est autre que le circuit de chauffage ne pose pas de problème avec ses 30 m³. Pour l'échangeur, l'inconvénient est la baisse sensible de ses performances par apparition de givrage sur ses ailettes lorsque la température extérieure est voisine de 0°.

60

#### ***Pompe à chaleur Eau - Eau.***

Elle peut être utilisée avantageusement dans le procédé quand on dispose d'eau: un cours d'eau, un lac, un étang. Ce qui est toutefois assez rare. Les problèmes: les algues, la filtration et l'encrassement du serpentin de la PAC. La pompe prélève en général 3° à l'eau il faut en tenir compte pour éviter tout risque de gel. Pour le bien, la température de l'eau doit être supérieure à 5°.

65

La pratique démontre que 2 à 3 m³/h sont nécessaires pour chauffer une maison individuelle de taille moyenne.

Avec les nappes phréatiques, on dispose toute l'année d'une eau le plus souvent à une température comprise entre 8 et 10°.

70

**Pompe à chaleur Sol - Eau.** (géothermie de surface)

La pompe prélève la chaleur du sol par un circuit hydraulique souterrain vertical ou horizontal.

5 Le circuit vertical exige plusieurs forages à grande profondeur (de 50 à 200m) et est très coûteux à installer. (au-delà de 200 m, on parle de géothermie profonde)

Le captage horizontal est de loin préféré. La superficie couverte par les capteurs peut aller jusque 3 fois la surface chauffée en utilisant le système qui consiste à utiliser l'échangeur air-eau le jour pour réintroduire des calories dans le sol, la surface de captage, peut être considérablement réduite.

10 Dans notre région (Hainaut), la combinaison: soleil + air extérieur + géothermie nous paraît la plus favorable; mais tout dépendra du Pays et du milieu. Ainsi dans le Sud de la France, l'Espagne, l'Italie, etc..., la combinaison: soleil + air extérieur devrait le plus souvent être suffisante.

15 " Dans cette étude, c'est surtout le principe que nous avons voulu démontrer pour une " habitation pilote dans notre région " mais il est certain que les Sociétés de construction de bâtiments trouveront de quoi adapter ce procédé aux divers types d'habitations, locaux industriels, bureaux, etc..."

Jusqu'ici, nous nous sommes adressés à une nouvelle construction. En rénovation, il sera possible d'introduire ce procédé de chauffage en respectant les points essentiels et les moyens exposés, mais très souvent, faute d'espace, la géothermie ne sera pas applicable.

**C - Equipements dérivés.**Refroidissement l'été.

Bien que ceci sort du cadre de cette étude, il est possible d'utiliser le même matériel pour refroidir l'habitat l'été.

Eau sanitaire.

25 La même installation peut être utilisée toute l'année pour la production d'eau sanitaire en utilisant un second serpentin dans le condenseur de la PAC

**3) Les autres énergies.**

30 Avant 1986, date du premier relevé graphique des conditions atmosphériques, la situation était la suivante et à notre avis a peu évolué depuis.

Energie éolienne.

35 Dans cette étude, nous avons écarté l'énergie éolienne, pourtant très intéressante l'hiver (plus de vent), du fait que les aérogénérateurs doivent être installés à assez grande distance des habitations (en cause: la casse des pales et le bruit).

Les éoliennes domestiques ont une puissance de 8 à 10 kW pour un vent de 10 m/s. Elles sont cependant avantagement utilisées pour des maisons isolées dans des régions non alimentées en électricité et où l'espace ne manque pas .

40 Dans le procédé que nous décrivons, il serait très intéressant d'utiliser une telle éolienne de puissance, voire moitié moindre et convertir directement l'électricité en chaleur laquelle serait stockée comme les autres sources (abandon des batteries électriques volumineuses et coûteuses), mais il faudrait résoudre le problème des pales et le bruit.

45 Jusqu'ici sont utilisés de puissants aérogénérateurs avec des pales dont la circonférence a un diamètre de 60 à 90 m. Un calcul effectué par l'EdF a démontré que installés le long de la côte Bretonne, il en faudrait 2.800 pour avoir la même puissance que celle de la centrale nucléaire de Plogoff.

Géothermie eau chaude.

On exploite des gisements d'eau chaude aux environs de 70° pour le chauffage des maisons (rare).

Géothermie profonde.

50 Chaleur retirée à grande profondeur. Dans ce procédé, on parle d'injecter de l'eau sur les roches granitiques que l'on trouve partout à une profondeur de 3.000 à 6.000 m pour produire de grandes quantités de vapeur.

55 Serait rentable pour un chauffage de quelques mille logements, et intéressant en agglomération, associé à la récupération de la chaleur solaire et de l'air avec le procédé. Cela permettrait d'étaler le chauffage géothermique profond à un plus grand nombre d'habitations. Un grand intérêt également dans les régions très froides. ...??

Marémotrice.

60 En France, la centrale électrique de Rance arrivait à produire du courant à un prix intéressant: environ 0,022 € (0,92 Fb) le kW, l'énergie nucléaire revenait aux environs de 0,019 € (0,77 Fb) du kW. Malheureusement les sites sont rares ou entraînent des frais considérables.

Energie des vagues: Par trains de radeaux articulés: technique propre aux Anglais ?

Energie thermique des mers: Différence de température entre la surface et le fond pouvant atteindre 20°. Elle a été jugée peu rentable .

Autres techniques pour l'énergie solaire.

- Energie photovoltaïque: son exploitation est trop chère ;

- Centrale Themis (France): capteurs à miroirs. Grande installation pour produire de l'électricité qui reviendrait vers 0,30 € (12,28 Fb) du kW

Telle était la situation vers 1984.

70

**Devant la difficulté de trouver une énergie non productrice de CO<sub>2</sub>,  
le procédé décrit apporte sa contribution**

5

**4) Retombées découlant de ce procédé.**

1 - Effet sur la santé.

10

En adoptant ce procédé, certains craindront pour la santé.

*- "effet à long terme: pendant son évolution, durant des centaines de milliers d'années, l'homme n'a jamais été soumis à un tel bombardement d'ondes de toutes fréquences "-*

15

Effectivement avec de tels capteurs d'ondes, on doit encore plus s'en inquiéter; mais si on relie cet ensemble de fer à la terre, on se retrouve dans le cas de la cage de Faraday et en grande partie à l'abri de ces ondes qui nous traversent de la tête aux pieds pour s'écouler dans le sol." Ondes basse fréquence rayonnées par les installations électriques des habitations, les câbles hautes tensions, et les ondes hautes fréquences de radio, télévision, GSM "

Pour se protéger encore mieux et éviter que les ondes traversent les murs extérieurs, il convient de placer un grillage en métal léger, lui aussi relié au sol entre le mur et le plafonnage.

20

Il restera les ondes pénétrant par les fenêtres, mais comme elles traversent les murs et les parois, elles seront absorbées en grande partie avant d'atteindre le corps humain, à moins d'inventer une vitre conductrice de ces ondes.

2 - Tremblements de terre.

On conçoit l'avantage de ce type de construction. (ni briques, ni béton)

25

3 - Lutte contre les incendies

Dans les habitations, les bureaux, les usines:

De par les murs qui résisteront très longtemps dégageant de grandes quantités de vapeur étouffant et évitant toute propagation.

30

En installant le système, très fiable, décrit précédemment dissimulé dans des éléments décoratifs servant de diffuseurs installés sous les solives ou les hourdis pour réduire à néant tout foyer d'incendie.

4 - Industrie.

Sidérurgique - Les laminoirs.

35

La préfabrication des cuves.

La préfabrication des parois et tout le matériel annexe.

40

45

50

55

60

65

70

REVENDEICATIONS.5 Procédé pour chauffer une habitation par les énergies renouvelables, caractérisé par :

1 - Le surplus des calories solaires pénétrant par les fenêtres est capté au plafond par une saumure froide circulant dans des conduites métalliques lesquels remplacent les solives et/ou les hourdis habituellement utilisés. Cette chaleur est stockée provisoirement dans un accumulateur pour être transférée la nuit par une pompe à chaleur dans le circuit de chauffage.

10

2 - Le circuit de chauffage est constitué de convecteurs servant à la fois pour le stockage et le chauffage.

3 - Les convecteurs remplacent tous les murs intérieurs de façon que leurs cuves, de forme parallélépipédiques et occupant toute la surface des murs intérieurs, permettent de stocker la quantité d'eau nécessaire et suffisante. Ces cuves sont enfermées entre deux parois isolantes espacées de quelques cm avec des ouvertures dans le haut et dans le bas pour permettre la convection. Les ouvertures du haut sont équipés de volets thermostatiques pour réguler la température de l'habitation.

15

20 Conclusions dépendantes :

4 - Utilisation d'une pompe à chaleur avec 2 évaporateurs pour le captage simultané de la chaleur solaire et celle de l'air afin de reconstituer plus rapidement le stock de calories.

25

5 - Pour la pompe à chaleur, obtention d'un COP élevé de par la grande surface de chauffe des cuves des convecteurs qui permet d'encore assurer le chauffage avec température voisine de 25°.

6 - Vu la basse température à la sortie de la pompe à chaleur, la possibilité d'utiliser des panneaux solaires capables de fournir des calories à basse température et ainsi capter une plus grande partie de l'énergie solaire diffuse.

30

35

40

45

50

55

60

65

70

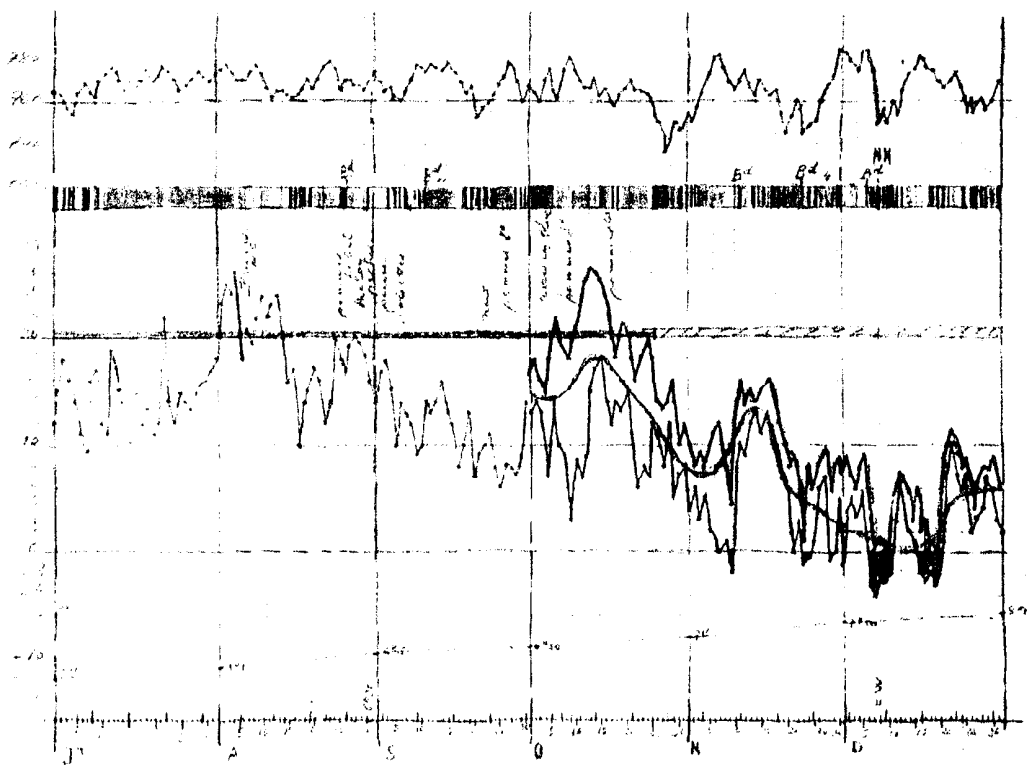


Fig. 1

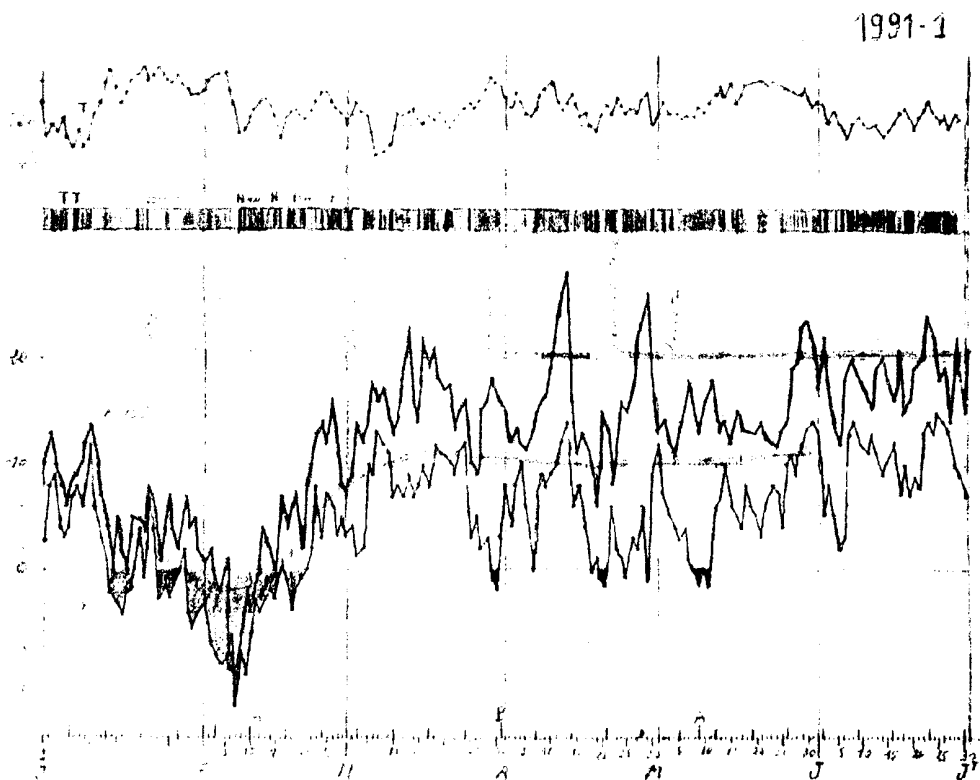


Fig. 2



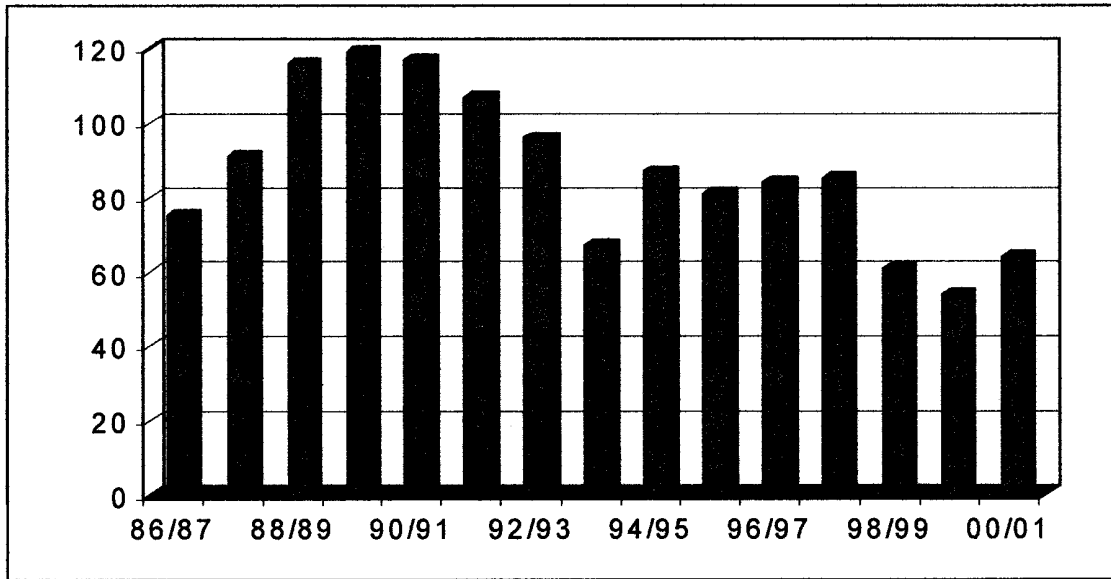


Fig. 5

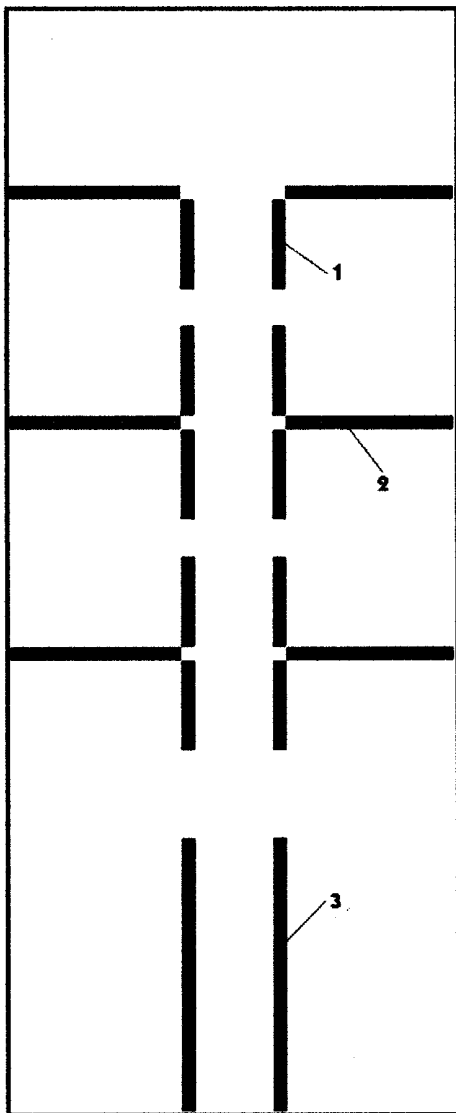


Fig. 6

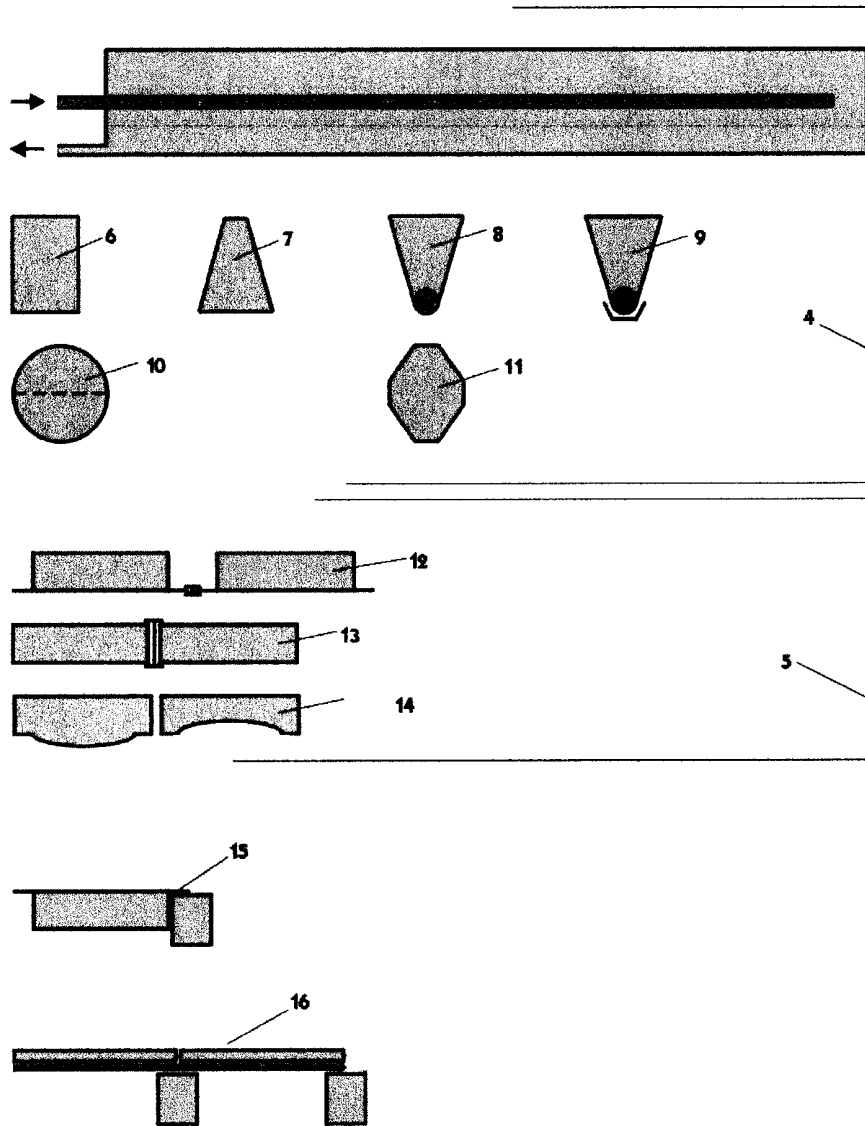


Fig. 7

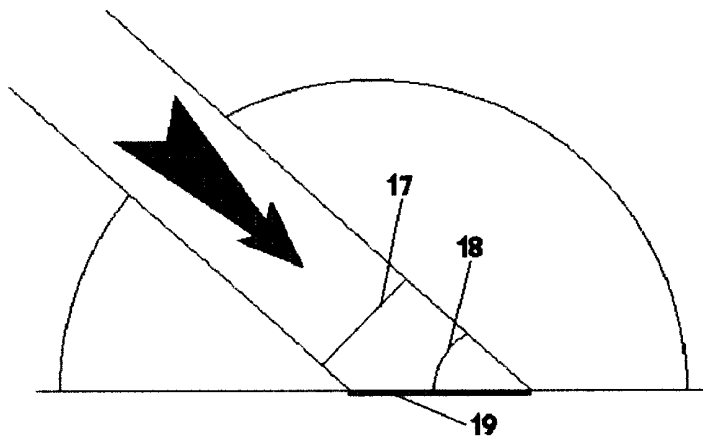


Fig. 8

2002/0119

30

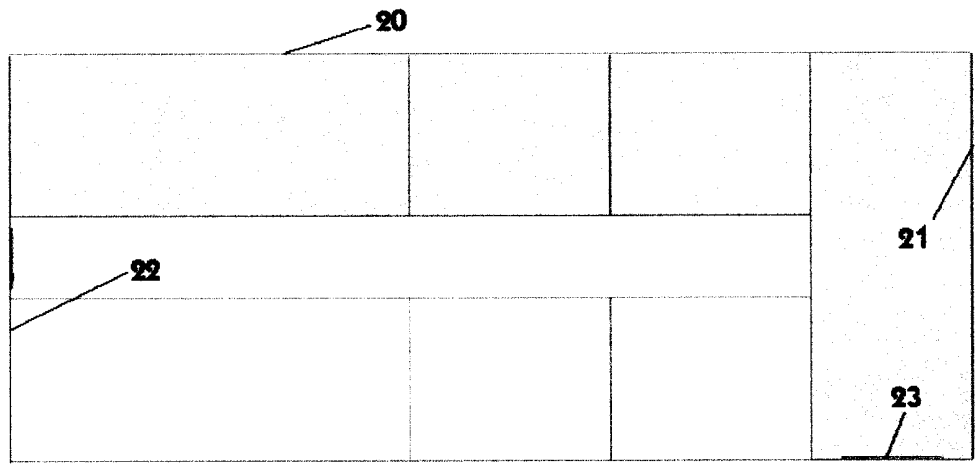


Fig. 9

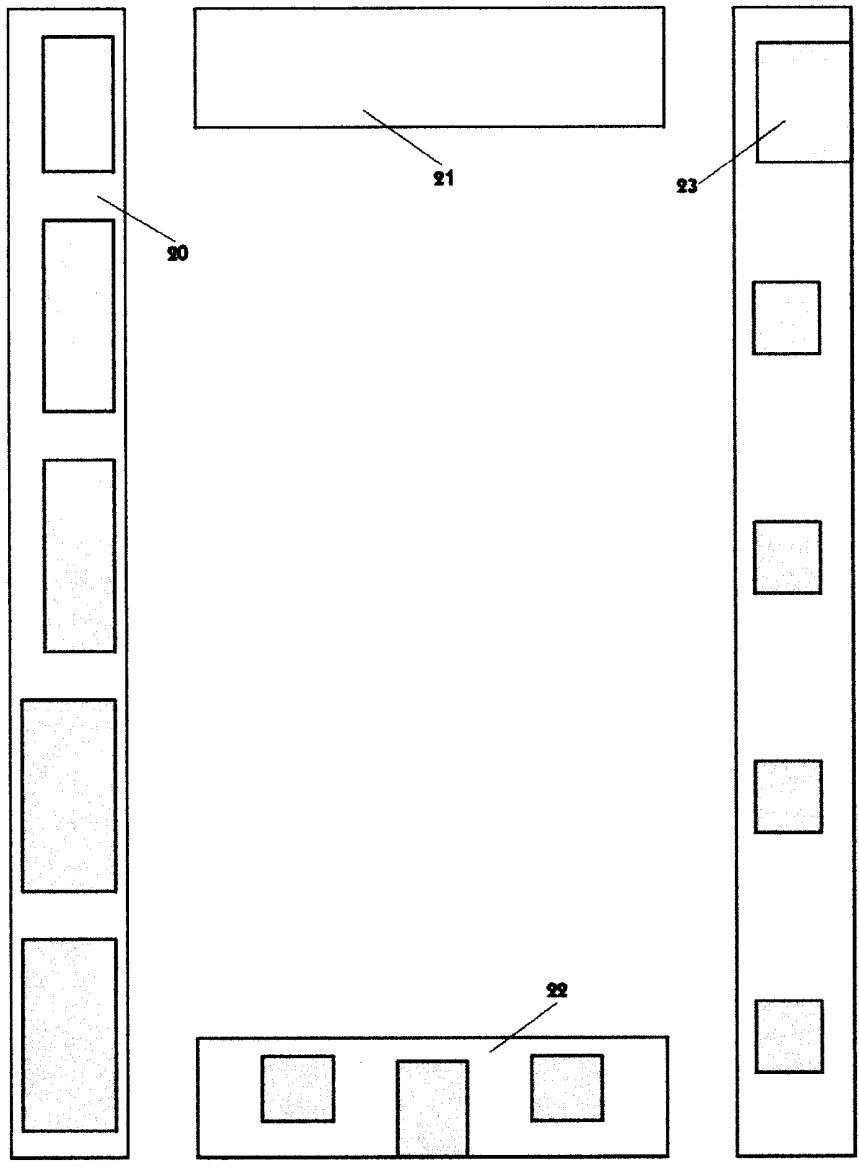


Fig. 10

2002/0119

31

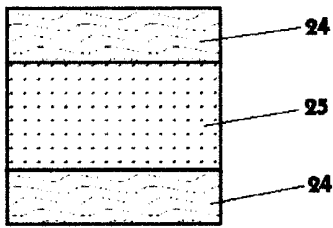


Fig. 11

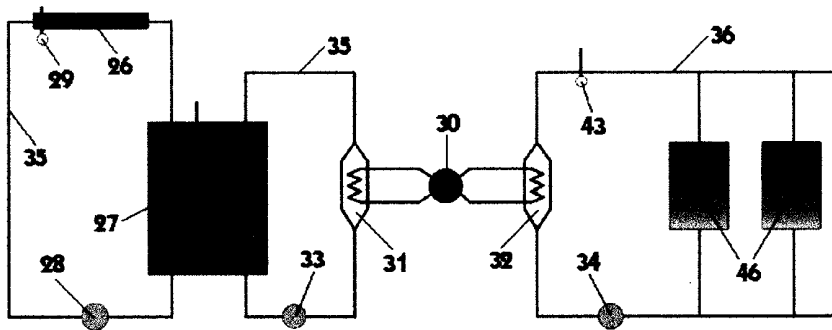


Fig. 12

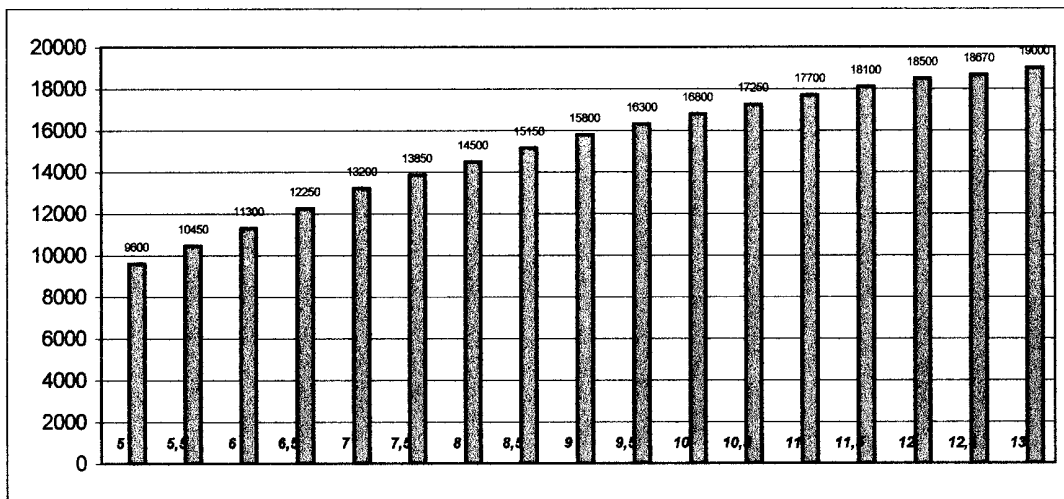


Fig. 13

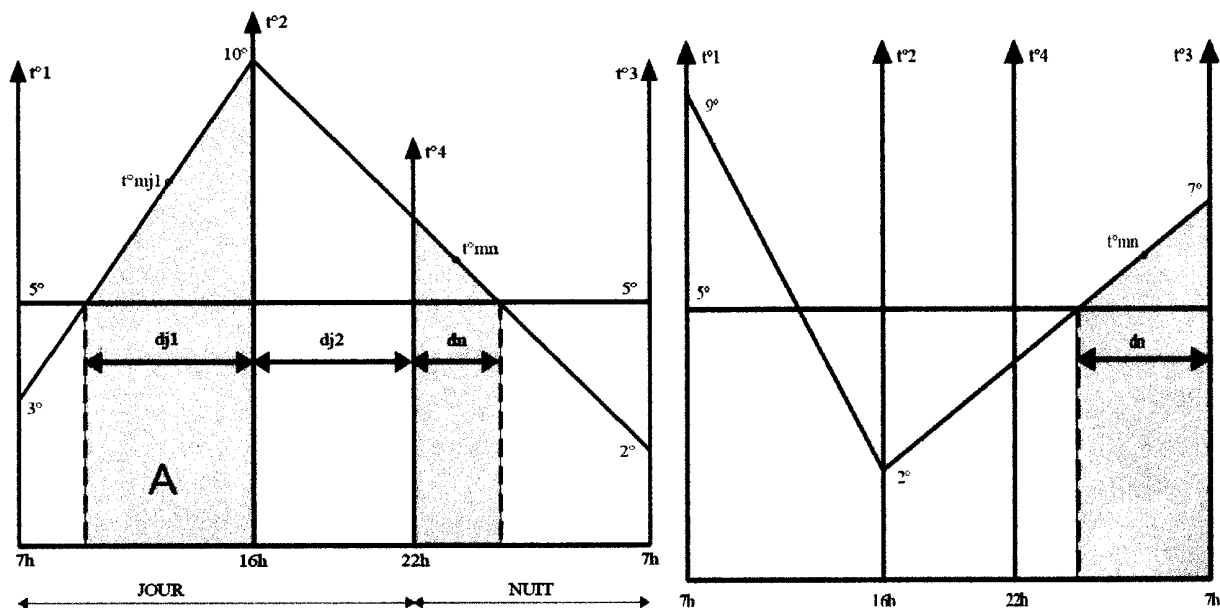


Fig. 14

2002/0119

32

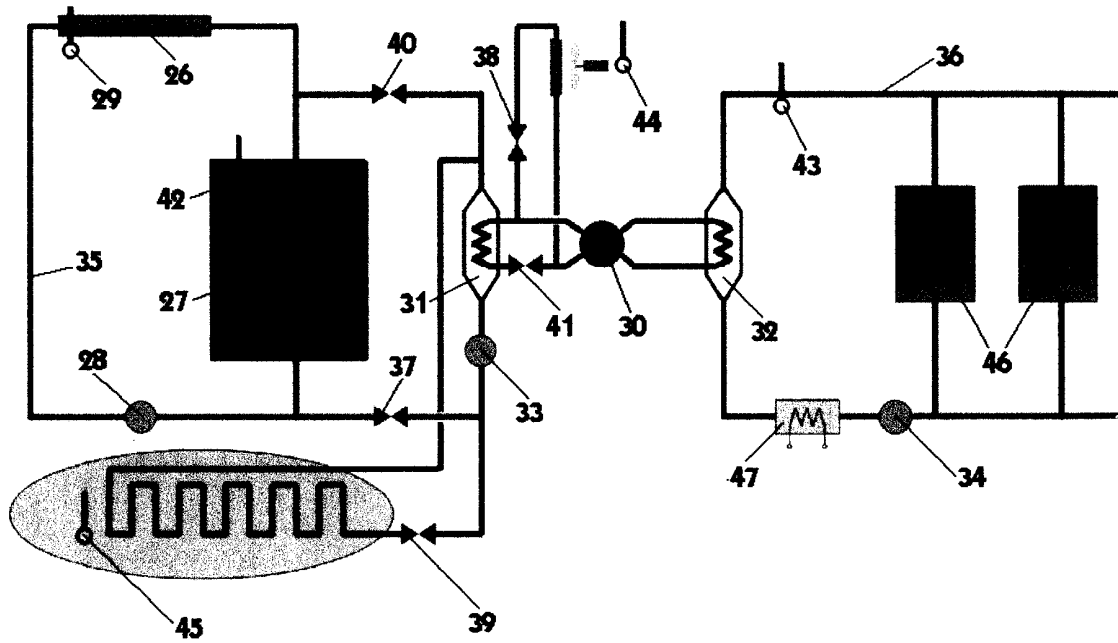


Fig. 15

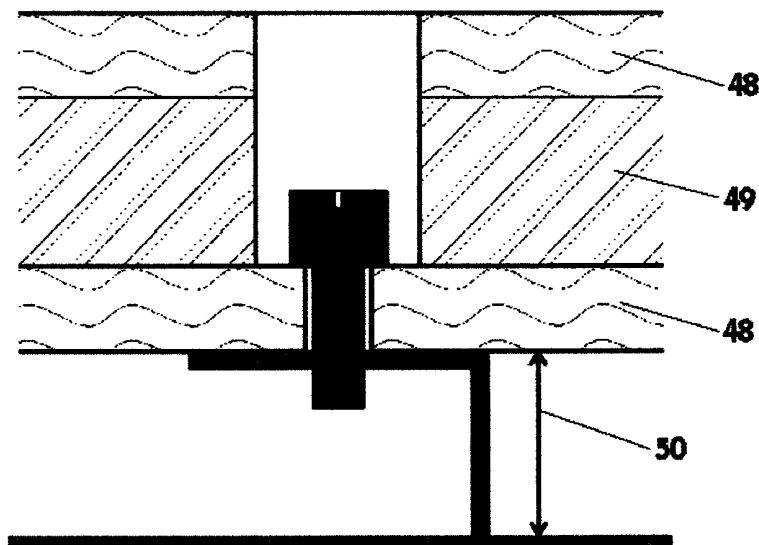


Fig. 16

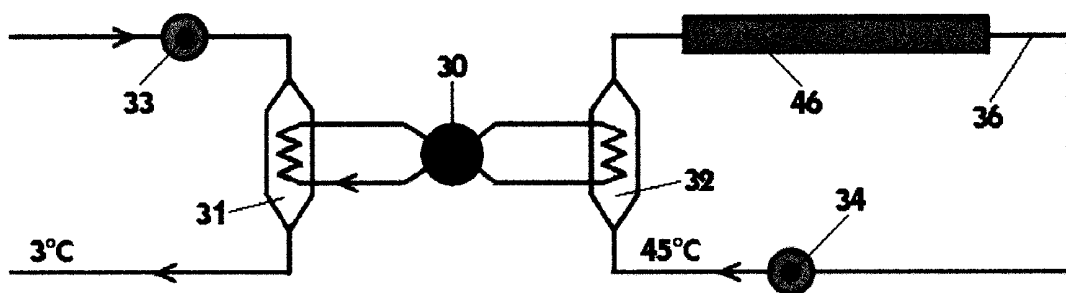


Fig. 17

**ABREGE****Procédé de construction incluant un système de chauffage utilisant l'énergie électrique pour la récupération des énergies renouvelables.**

5 Procédé de récupération des 2 énergies renouvelables, alternatives qui se complètent (soleil et air extérieur).

10 De préférence aux panneaux solaires, les calories traversant les vitrages extérieurs, dont l'excès absorbé par les poutrelles métalliques creuses et les hourdis du plafond, sont stockées dans un accumulateur formé d'un réservoir contenant un fluide caloporteur. La nuit, une pompe à chaleur transfère les calories contenue dans l'accumulateur vers les convecteurs. Ces convecteurs, formés par des grands réservoirs parallélépipédiques, remplacent les murs intérieurs de l'habitation et servent de stockage principal et de corps de chauffe par convection. Le volume de ces convecteurs est proportionnel aux déperditions de l'habitation.

15 La description présente, calculs à l'appui, la réalisation pour une habitation pilote à notre latitude, sans panneaux solaires et moyennement isolée ( $K=36$ ), où ces deux énergies apportent +/- 90 % des calories nécessaires. Le reste étant fourni par une autre source.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70



Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 8591  
BE 200200119

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	WO 01 94852 A (BOS JAN ;SLEBOS HENK (NL); RA MILIEUTECHNIEK BV (NL)) 13 décembre 2001 (2001-12-13) * le document en entier *	1-34	F24D11/02 F24D3/12
X	WO 01 59794 A (KEKANOVIC MILAN) 16 août 2001 (2001-08-16) * le document en entier *	1-34	
X	FR 2 802 623 A (DEMERCASTEL DIDIER) 22 juin 2001 (2001-06-22) * abrégé *	1-34	
X	FR 2 802 621 A (DEMERCASTEL DIDIER) 22 juin 2001 (2001-06-22) * abrégé *	1-34	
X	WO 99 47865 A (KRECKE EDMOND D ;IPA ISORAST INT (PA)) 23 septembre 1999 (1999-09-23) * abrégé *	1-34	
X	EP 0 931 986 A (MUELLER NORBERT ;KOPATSCHKEK ANDREAS (DE); LOHRMANN NORBERT (DE)) 28 juillet 1999 (1999-07-28) * abrégé *	1-34	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7) F24D
X	US 4 250 957 A (MCCLENDON WILLIAM D) 17 février 1981 (1981-02-17) * abrégé *	1-34	
X	US 4 028 854 A (DIGGS RICHARD E) 14 juin 1977 (1977-06-14) * abrégé *	1-34	
X	DE 31 02 934 A (KUELEG KUEHLMOEBELFABRIK UND A) 2 septembre 1982 (1982-09-02) * abrégé *	1-34	
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 octobre 2002		Van Gestel, H	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 03 B2 (P04C48)



Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 8591  
BE 200200119

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	DE 28 49 300 A (SCHRAMM HORST DIPL PHYS) 29 mai 1980 (1980-05-29) * le document en entier * ----	1-34	
X	DE 28 48 530 A (ENIG GMBH ENERGIEBERATUNG INNO) 29 mai 1980 (1980-05-29) * le document en entier * -----	1-34	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 octobre 2002		Van Gestel, H	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C48)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 8591  
BE 200200119

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

16-10-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0194852	A	13-12-2001	NL	1015407 C2	19-12-2001
			AU	7466701 A	17-12-2001
			WO	0194852 A1	13-12-2001
			NL	1015407 A1	14-12-2001
WO 0159794	A	16-08-2001	AU	3502201 A	20-08-2001
			WO	0159794 A2	16-08-2001
FR 2802623	A	22-06-2001	FR	2802621 A1	22-06-2001
			FR	2802623 A1	22-06-2001
FR 2802621	A	22-06-2001	FR	2802621 A1	22-06-2001
			FR	2802623 A1	22-06-2001
WO 9947865	A	23-09-1999	DE	19809974 A1	16-09-1999
			DE	29804095 U1	08-07-1999
			AU	3332699 A	11-10-1999
			BR	9908693 A	21-11-2000
			CA	2322556 A1	23-09-1999
			CZ	20003273 A3	12-12-2001
			WO	9947865 A1	23-09-1999
			EP	1062463 A1	27-12-2000
			PL	342849 A1	16-07-2001
			SI	20343 A	28-02-2001
EP 0931986	A	28-07-1999	DE	29801126 U1	09-04-1998
			DE	19902587 A1	02-09-1999
			EP	0931986 A2	28-07-1999
US 4250957	A	17-02-1981	AUCUN		
US 4028854	A	14-06-1977	US	4000850 A	04-01-1977
DE 3102934	A	02-09-1982	DE	3102934 A1	02-09-1982
DE 2849300	A	29-05-1980	DE	2849300 A1	29-05-1980
DE 2848530	A	29-05-1980	DE	2848530 A1	29-05-1980